ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 MARS 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Une expression de la fonction $\zeta(s)$ de Riemann.* Note de M. **Arnaud Denjoy.**

La fonction $\zeta(\sigma+it)$ de Riemann est la limite dans le champ $0<\sigma<1$ d'une intégrale définie dépendant d'un entier positif p et dont le coefficient différentiel, non borné, progresse géométriquement en module quand p croît.

Posons, selon les notations usuelles dans cette théorie, $z=x+iy$, $s=\sigma+it$, les quatre nombres x, y, σ, t étant réels. Désignons par C le contour décrit par $z:(+\infty+i.0, \varepsilon)$, $|z|=\varepsilon$ de ε à ε dans le sens rétrograde, $(\varepsilon, +\infty+i.0)$, les deux traits extrêmes étant rectilignes, avec

$$0 \leqq \arg z \leqq 2\pi, \qquad x^s = x^\sigma(\cos t\log x + i\sin t\log x),$$

le logarithme étant réel, avec $x>0$, et $z^s=x^s$ sur le bord supérieur du demi-axe réel positif, $z^s=x^s e^{2i\pi s}$ sur le bord inférieur. La fonction $\zeta(s)$ définie quel que soit $s\neq 1$ par

$$(1) \qquad \zeta(s)=\frac{1}{(1-e^{2i\pi s})\Gamma(s)}\int_C \frac{z^{s-1}}{e^z-1}\,dz$$

vaut, pour $\sigma>1$,

$$(2) \qquad \zeta(s)=\sum_{n\geq 1}\frac{1}{n^s}$$

et

$$(3) \qquad \zeta(s)=\frac{1}{\Gamma(s)}\int_0^\infty \frac{x^{s-1}}{e^x-1}\,dx.$$

Posons

$$g(z)=1-\frac{1-e^{-z}}{z}$$

et, p étant pour $g^p(z)$ un exposant entier positif,

$$h_p(z) = \frac{1 - g^p(z)}{e^z - 1},$$

puis, quel que soit $s \neq 1$,

$$(4) \qquad \mathrm{I}_p(s) = \frac{1}{(1 - e^{2i\pi s})\Gamma(s)} \int_{\mathrm{C}} z^{s-1} h_p(z)\, dz,$$

qui, pour $\sigma > 1$, vaut

$$(5) \qquad \mathrm{I}_p(s) = \frac{1}{\Gamma(s)} \int_0^\infty x^{s-1} h_p(x)\, dx;$$

enfin, quel que soit s,

$$\mathrm{B}_p(s) = \frac{1}{(1 - e^{2i\pi s})\Gamma(s)} \int_{\mathrm{C}} \frac{z^{s-1} g^p(z)}{e^z - 1}\, dz$$

qui, pour $p + \sigma > 1$, vaut

$$\mathrm{B}_p(s) = \frac{1}{\Gamma(s)} \int_0^\infty \frac{x^{s-1} g^p(x)}{e^x - 1}\, dx.$$

$\mathrm{B}_p(s)$ tend vers zéro quand, s étant fixe, l'entier positif p croît. Et, dans ces conditions, quel que soit s, $\zeta(s) = \lim_{p\,\infty} \mathrm{I}_p(s)$. Nous avons tiré de là ([1]) une expression de $\zeta(s) = \lim_{p\,\infty} \sum_{k=1}^{k=p} \sum_{m=k}^{m=p} \gamma_{p,k,m} k^{m-s}$ valable dans tout le plan des s, les $\gamma_{p,k,m}$ étant des fonctions rationnelles de s.

Donnant à p une valeur provisoirement invariable, considérons l'expression (5) de $\mathrm{I}_p(s)$, valable pour $\sigma > 1$. Nous observons que la fonction $h_p(z)$ n'a d'autre singularité à distance finie que le pôle $z = 1$. Donc si A est un nombre positif quelconque, l'intégrale $\mathrm{I}_p(s)$ équivaut ($\sigma > 1$) à

$$\frac{1}{\Gamma(s)} \left(\int_0^{\mathrm{A}i} + \int_{\mathrm{A}i}^{+\infty + \mathrm{A}i} \right) z^{s-1} h_p(z)\, dz,$$

les deux chemins d'intégration étant rectilignes. Prenons d'abord pour A la valeur particulière $(2m+1)\pi i$ pour laquelle, dans la seconde intégrale

$$h_p(z) = \frac{1 - \left(1 - \dfrac{2}{x + (2m+1)i\pi}\right)^p}{-e^x - 1} \sim - \frac{2p}{(x + 2mi\pi)(e^x + 1)} \qquad (m \text{ croissant}),$$

avec $dz = dx$. Cette seconde intégrale tend vers 0 quand m croît, sous la seule condition $\sigma < 2$. Donc, pour $1 < \sigma < 2$,

$$\mathrm{I}_p(s) = \frac{e^{i\pi\frac{s}{2}}}{\Gamma(s)} \lim_{m\,\infty} \int_0^{(2m+1)i\pi} \frac{y^{s-1}}{e^{iy} - 1} \left[1 - \left(1 - \frac{1 - e^{-iy}}{iy} \right)^p \right] dy.$$

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 365-368.

Mais, quand y croît indéfiniment, le coefficient différentiel équivaut à $-iy^{s-2}pe^{-iy}$. Donc, pour $1<\sigma<2$ et vis-à-vis de la limite supérieure, l'intégrale $I_p(s)$ converge pour $\sigma<2$. Donc pour $1<\sigma<2$,

$$e^{-i\pi\frac{s}{2}}I_p(s)=\frac{1}{\Gamma(s)}\int_0 y^{s-1}\,dy\,\frac{1-g^p(iy)}{e^{iy}-1}.$$

Supposons s réel compris entre 1 et 2, et prenons les parties réelles des deux membres :

$$(6)\qquad \cos\frac{\pi s}{2}\Gamma(s)I_p(s)=\int_0^\infty y^{s-1}\left[\frac{1}{2}-\mathcal{R}\frac{g^p(iy)}{e^{iy}-1}\right]dy.$$

Maintenant, vis-à-vis de sa limite inférieure, l'intégrale converge pour $\sigma>0$. Donc l'identité (6) ayant lieu quel que soit s réel entre 1 et 2, vaut aussi dans le champ $0<\sigma<2$ où les deux membres sont holomorphes. Finalement, toujours pour $0<\sigma<2$, cette expression de $I_p(s)$ tendra vers $\zeta(s)$. Posons

$$\rho\cos\theta+i\rho\sin\theta=g(iy)=1-\frac{\sin y}{y}+i\frac{1-\cos y}{y}$$

avec $\rho>0$ pour $y>0$ et $0\leqq\theta<\pi/2$; puis

$$\lambda_p(y)=\frac{\rho^p}{2\sin\frac{y}{2}}\sin\left(p\theta-\frac{y}{2}\right).$$

Nous trouvons

$$\cos\frac{\pi}{2}s\Gamma(s)\zeta(s)=\lim_{p\infty}\int_0^\infty y^{s-1}\left[\frac{1}{2}-\lambda_p(y)\right]dy\qquad(0<\sigma<2).$$

Le premier membre vaut $2^{s-1}\zeta(1-s)$, ce qui se démontre d'une façon très naturelle en transformant comme nous l'avons fait pour $I_p(s)$ l'intégrale (3) (avec $\sigma>1$), sauf à éviter par des demi-cercles infiniment petits tracés du côté des x positifs les zéros $2mi\pi$ $(m\geqq1)$ de e^z-1.

Ainsi, pour $0<\sigma<1$,

$$(7)\qquad \zeta(s)=2^s\lim_{p\infty}\int_0^\infty y^{-s}\left[\frac{1}{2}-\lambda_p(y)\right]dy\qquad(0<\sigma<1).$$

Si p est fixe, $\lambda_p(y)$ est, pour y infiniment petit, de l'ordre de y^p ou de y^{p+1}; si y est infiniment grand, $1/2-\lambda_p(y)$ équivaut à $-p(\sin y)/y$.

Avec m entier non négatif et $0\leqq u<2\pi$, soit $y=2m\pi+u$. Alors

$$e^{iy}-1=e^{iu}-1$$

et

$$g(iy)=1-\frac{\sin u}{2m\pi+u}+i\frac{1-\cos u}{2m\pi+u}=\rho_m(\cos\theta_m+i\sin\theta_m),$$

ρ_m et θ_m $(0\leqq\theta_m<\pi/2)$ étant des fonctions de u et de l'entier m. Soient y_m

et ω_m ($0 < \omega_m < \pi/2$) les nombres définis par

$$y_m = (2m+1)\pi - \omega_m = \operatorname{tg}\frac{y_m}{2} = \operatorname{cotg}\frac{\omega_m}{2}.$$

Pour $2m\pi < y < y_m$, $\rho_m(u) < 1$ et $\lambda_p(y)$ tend vers zéro quand p croît.

Pour $(y_m < y < 2m+1)\pi$, $\rho_m(u) > 1$ et $\lambda_p(y)$ a des oscillations infiniment grandes quand p croît. Posons

$$(2m\pi + u)^{-\sigma}\cos t\log(2m\pi + u) = \varphi_m(\sigma, t, u),$$

$$(2m\pi + u)^{-\sigma}\sin t\log(2m\pi + u) = \psi_m(\sigma, t, u);$$

$$\frac{1}{2} - \frac{\rho_m^p}{2\sin\frac{u}{2}}\sin\left(p\theta_m - \frac{u}{2}\right) = \frac{1}{2} - \lambda_p(2m\pi + u) = \chi_{m,p}(u);$$

$$U_{m,p}(\sigma, t) = \int_{\pi-\omega_m}^{2\pi} \varphi_m(\sigma, t, u)\,\chi_{m,p}(u)\,du,$$

$$V_{m,p}(\sigma, t) = \int_{\pi-\omega_m}^{2\pi} \psi_m(\sigma, t, u)\,\chi_{m,p}(u)\,du;$$

$$H_p(\sigma, t) = \sum_m U_{m,p}(\sigma, t), \qquad K_p(\sigma, t) = \sum_m V_{m,p}(\sigma, t).$$

Donc $2^{-s}\zeta(s) = \lim_{p=\infty}[H_p(\sigma, t) + iK_p(\sigma, t)]$.

Quand $\zeta(s) = 0$ avec $0 < \sigma < 1$, chacun des quatre nombres $H_p(\sigma, t)$, $H_p(1-\sigma, t)$, $K_p(\sigma, t)$, $K_p(1-\sigma, t)$ doit tendre vers zéro quand p croît. Si l'on savait analyser suffisamment par quel mécanisme se compensent les oscillations de $\chi_{m,p}(u)$, croissantes en progression géométrique relativement à p pour toute valeur invariable de m, peut-être découvrirait-on la raison pour laquelle quand $\sigma \neq 1/2$, les quatre nombres précédents ne peuvent pas tous simultanément tendre vers zéro, ce qui est la célèbre hypothèse de Riemann.

BOTANIQUE. — *Sur l'existence d'une forêt vierge sèche sur de grandes étendues aux confins des bassins de l'Oubangui, du Haut-Chari et du Nil (Bahr-el-Ghazal).* Note de M. **Auguste Chevalier**.

J'ai fait connaître dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, il y a une cinquantaine d'années, les divers aspects de la végétation en Afrique tropicale.

On observe du Nord au Sud, au delà du désert du Sahara, successivement :

1° *la zone sahélienne* avec ses steppes arides, des touffes d'herbes distantes les unes des autres, et çà et là des buissons d'arbustes et de petits arbres épineux ;

2° *la zone soudanaise* avec la végétation d'arbres épars, plus ou moins distants, ayant l'aspect d'un parc et entre ces arbres des bosquets enlacés de lianes, des savanes de hautes herbes (surtout des Graminées vivaces) qui croissent pendant la saison des pluies, se

dessèchent en saison sèche et deviennent ensuite presque partout la proie des feux de brousse;

3° *la zone guinéenne* avec des peuplements forestiers ordinairement plus épais et plus hauts et des galeries forestières épaisses le long des rivières. Les hautes herbes existent dans les savanes et elles sont brûlées aussi par les feux de brousse à la saison sèche. Les arbres des galeries sont souvent des reliques de la forêt dense qui a dû s'étendre il y a quelques siècles bien plus au Sud;

4° *la grande forêt dense équatoriale*, nommée à tort forêt vierge, qui s'étend sur de grandes étendues, avec de rares interruptions sur la zone équatoriale.

Jusqu'en 1907, j'avais cru que la végétation de ces diverses zones était naturelle et primaire. C'était aussi l'opinion du botaniste G. Schweinfurth qui avait traversé les mêmes zones, plus à l'Est, dans le bassin du Nil en 1868-1870. Pour lui la forêt-parc soudanaise était une formation primitive.

En 1905-1907 en parcourant en divers sens la forêt dense de la Côte d'Ivoire, je constatai que cette forêt n'était pas vierge : elle avait été défrichée presque partout autrefois par les Africains qui ne laissent que quelques arbres; puis une végétation de sous-bois (forêt secondaire) se reconstitue à la longue et sera défrichée de nouveau après 15, 20, 30, 50 années d'attente. La forêt primitive intacte n'existe que sur les terrains marécageux ou rocailleux incultivables ou dans les régions (notamment entre Sassandra et Cavally) où il n'existe presque pas de populations.

Par la suite, en visitant les zones guinéenne et soudanaise, je constatai que comme dans la forêt dense, la végétation primitive de ces zones avait disparu presque partout, sauf là où existent des plateaux de carapace latéritique ou des collines rocheuses à végétation pauvre. Partout ailleurs le terrain a été défriché des centaines de fois; le feu de brousse a sévi presque chaque année. Ce sont presque partout des jachères à révolutions plus ou moins longues. On continue à les défricher périodiquement lorsque la fertilité du sol s'est reconstituée.

Je pensais jusqu'à ces derniers temps que la forêt sèche primitive (zones soudanaise et guinéenne) avait complètement disparu. Seul A. Aubréville, dans son ouvrage *Flore forestière soudano-guinéenne* publié l'an dernier, a signalé, (p. 306), à propos des peuplements d'*Afrormosia* dans le Nord-Cameroun et dans l'Oubangui-Chari, des traces de forêts denses sèches soudano-guinéennes.

Je viens de constater que la forêt dense sèche, absolument primitive, existe encore à l'Est de l'Oubangui et du Haut-Chari, notamment entre Bria et Ndélé (bassins de la Haute-Kotto et du Haut-Chari). Je viens de traverser ces forêts sur d'immenses étendues. Elles diffèrent complètement des forêts-parcs de G. Schweinfurth.

Les arbres, distants de 4 à 5^{m} seulement les uns des autres, sont très

rapprochés. Ils s'élèvent à 10 ou 15^{m} seulement; les fûts n'ont que 30 à 50^{cm} de diamètre au maximum; les branches se rejoignent et sont feuillées presque toute l'année. Chez certains les feuilles tombent avant la fin de la saison des pluies et les jeunes feuilles reparaissent aussitôt. Dès janvier un ombrage domine le sol, aussi il n'y a ni mousses, ni fougères, ni herbes sur la terre couverte d'un peu d'humus, mais quelques rejets d'arbres au ras du sol, de sorte que le feu de brousse, s'il est allumé, ne trouve pas d'aliments.

L'*Imperata cylindrica*, Graminée à rhizomes, qui pullule dans les jachères soudanaises et se montre très nuisible à l'agriculture, n'existe pas dans ces forêts; les *Andropogon* sont rares. Pas de lianes ni de Loranthacées parentes si communes dans la jachère de la forêt-parc. Des végétaux antiques, une espèce Cycadée du genre encéphalartos, et une Gnétacée liane se voient çà et là. J'ai compté une centaine d'espèces ligneuses dans la forêt vierge sèche. Il en existe sans doute beaucoup d'autres, car bien des reliques ont pu subsister dans ces forêts non saccagées par le feu et par l'homme. Certains arbres ou arbustes de la forêt sèche forment parfois des peuplements grégaires. Citons comme étant dans ce cas : *Anogeissus Schimperi*, *Monotes Dalzielii*, *Isoberlinia doka* et *I. Dalzielii*, des *Uapaca* sans racines-échasses.

Cette forêt vierge est restée intacte parce qu'il n'existe pas d'habitants sur d'immenses étendues. On évalue la densité de la population entre Ndélé, la Haute-Kotto et la frontière du Soudan Anglo-Egyptien à moins d'un demi-habitant au kilomètre carré. Il est essentiellement désirable qu'une grande partie de cette forêt remarquable soit mise en réserve naturelle intégrale et annexée au Parc national projeté aux environs de Ndélé, et dont les protagonistes n'ont en vue jusqu'à présent que la protection des grands mammifères sauvages. Il existe aussi à l'Est de Ndélé d'autres richesses naturelles tout aussi intéressantes à protéger au plus tôt. Il y existe non seulement la forêt vierge que nous signalons ici, mais aussi des sites remarquables : cascades, grottes et cavernes, marmites de géants, montagnes pittoresques dont les points culminants atteignent 1 400 et 1 500^{m} d'altitude. L'étude géologique et minéralogique de ce pays par des géologues compétents est à faire et peut réserver des surprises. La flore et la faune de la région montagneuse sont aussi totalement inconnues.

Dans les hautes vallées des rivières qui prennent leurs sources dans la région montagneuse, existent des galeries forestières également vierges avec souvent de grands arbres reliques et un sous-bois qui est à étudier. C'est dans ces sous-bois que nous avons découvert en 1903, aux environs de Ndélé, le *Coffea excelsa*, aujourd'hui cultivé dans les principales régions caféières du globe. Il croît encore à l'état sauvage dans les galeries de la région, mais n'existe que là. La culture de cette espèce a disparu des environs de Bangui parce que ce caféier a été exterminé par une trachéomycose

dont l'évolution a été étudiée par MM. Roger Heim et Ath. Saccas. Cette maladie a sévi parce que ce caféier était cultivé dans des conditions complètement différentes de celles où il vit à l'état spontané. Nous reviendrons bientôt sur les conditions qui lui conviennent pour que sa culture puisse prospérer.

Pour les diverses raisons que nous venons d'exposer, il est très souhaitable qu'une grande réserve intégrale soit créée non seulement aux environs de Ndélé, mais plus à l'Est jusqu'aux confins du bassin du Nil et que la France constitue au plus tôt dans cette région un Parc national digne de ce nom.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les transformations de contact réelles.*
Note de M. **Georges Bouligand**.

Les notions de *contingent, paratingent* (ctg, ptg) font distinguer en théorie des *transformations de contact* (TC) deux sortes d'*éléments de contact d'ordre* 2 (E^2), ceux qui sont *ordinaires* (E^2_ω) et ceux qui sont *critiques* (E^2_γ). La présente Note explicite le rôle des E^2_γ : incidemment, est appliqué un cas élargi de réalité des racines de l'équation aux valeurs propres. Propriétés dualistiques.

1. En posant $\mathbf{OM} = \mathfrak{T}(x_1, \ldots, x_n, z, p_1, \ldots, p_n)$ où $\mathfrak{T}$, opérateur continûment dérivable d'ordre 1, donne un vecteur de l'espace décrit par le point $m(x_1, \ldots, x_n, z)$, on obtient une correspondance telle que si m décrit une n-surface $z = \varphi(x_1, \ldots, x_n)$ où φ a des dérivées secondes continues, M décrit une image dont le n-plan tangent est déterminé, sauf exception, par les n vecteurs

$$\mathbf{V}_i = \mathrm{M}_{x_i} + p_i \mathrm{M}_z + p_{i1}\mathrm{M}_{p_1} + \ldots + p_{in}\mathrm{M}_{p_n} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

Pour que $\mathfrak{T}$ donne une TC, il faut que n des vecteurs $\mathrm{M}_{x_i} + p_i\mathrm{M}_z$; M_{p_j} se réduisent à des combinaisons linéaires des n autres, avec coefficients fonctions de l'élément $(m; p_i)$; d'où une réduction des $\mathbf{V}_i$ à la même base. Si la matrice utilisée alors est de rang $< n$, on dira que $(m; p_h; p_{ij})$ est un E^2_γ pour $\mathfrak{T}$. En cas de rang n, on aura un E^2_ω.

On trouve aisément les E^2_γ quand $\mathfrak{T}$ est somme géométrique de **Om** et d'un opérateur $l\tau$, où τ est une fonction vectorielle de $(m; p_i)$ conduisant à une TC quel que soit le coefficient l (¹). Moyennant dérivabilité d'ordre 2 de τ, la solution du système aux dérivées partielles régissant ses composantes est

$$\tau^i = \mathrm{K}x_i + \theta_{p_i} \, (i = 1, 2, \ldots, n) \qquad \text{et} \qquad \tau^{n+1} = \mathrm{K}z + p_1\theta_{p_1} + \ldots + p_n\theta_{p_n} - \theta,$$

avec θ, fonction bidérivable quelconque des p_i : ce qui conserve la direction du

(¹) D'où, en composant avec une TC fixe la $\mathfrak{T}_l$ ainsi obtenue, la forme générale des TC en dépendance linéaire de l.

plan tangent. Dans ce parallélisme généralisé, un élément $(m; p_h; p_{ij})$ est E^2_γ pour n valeurs réelles de l, si le lieu de p tel que $Op = \tau$ est convexe (géométries de Minkowski). Cela découle du lemme : *toutes valeurs propres sont réelles pour une matrice carrée, produit de deux matrices symétriques dont une provient d'une forme quadratique définie positive.* L'image, pour $n = 2$, de $z = \varphi$ est l'enveloppe des plans

$$Z = pX + qY + \omega(p, q) - l\theta(p, q), \qquad \omega = z - px - qy \qquad (\text{sur } z = \varphi).$$

Les E^2 de $z = \varphi$ critiques pour un l donné dotent l'image d'une arête de rebroussement, sous les conditions imposées à cette fin aux dérivées de $\omega - l\theta$ d'ordre $\leqq 3$ en théorie des enveloppes à deux paramètres [2].

2. On ne fait en général la théorie des TC que pour un nombre $k+1$ d'équations directrices (ED) *constant.* Mais à partir des ED suivantes $F = z$, $F^i = 0$ (pour $i \leqq k$), où les premiers membres sont fonctions de $x_1, \ldots, x_n$, M, et des n équations $p_i = F_{x_i} + \lambda^1 F^1_{x_i} + \ldots + \lambda^k F^k_{x_i}$, on obtient le système total définissant $\lambda^1, \ldots, \lambda^k$ et les $n+1$ coordonnées de M. Or, ce schéma subsiste si certaines $F^i = 0$ sont identiquement vérifiées en certaines régions. En une région où le nombre des ED est essentiellement $k+1$, la TC, pour le cas ordinaire de résolubilité locale, s'explicite dans un certain voisinage par un système

$$z = f(x_1, \ldots, x_h, M), \qquad x_{h+1} = f^1(x_1, \ldots, x_h, M), \qquad \ldots, \qquad x_{h+k} = f^k(x_1, \ldots, x_h, M)$$
$$(\text{où } h + k = n);$$
$$p_1 = f_{x_1} + p_{h+1} f^1_{x_{h+1}} + \ldots + p_{h+k} f^1_{x_{h+k}}, \qquad \ldots, \qquad p_h = f_{x_h} + p_{h+1} f^k_{x_{h+1}} + \ldots + p_{h+k} f^k_{x_{h+k}},$$

qui détermine $\mathfrak{T}$ implicitement. Cela fait, la recherche de n-surfaces ne portant que des E^2_γ donne une équation $\mathcal{E}$ du second ordre, du type Monge-Ampère complet pour $n = 2$, $k = 0$ [3]. Partant des ED, faisons dépendre M de $n-1$ paramètres u_i. Alors les enveloppes de lieux de m, engendrées chacune par des courbes $\Lambda(u_1, \ldots, u_{n-1})$ sont solutions de $\mathcal{E}$. Cette équation répond plus généralement à la recherche de n-surfaces ayant chacune la propriété suivante : dès qu'elle a l'élément (m, p_i) commun avec une $\mathfrak{A}_M$ (antécédente d'une position fixe de M), elle a aussi un élément $(m + dm, p_i + dp_i)$ commun avec cette $\mathfrak{A}_M$.

3. Le cas $n = 2$ livre une *dualité* propre aux TC à *une* ED, soit $F(m, M) = 0$. Si m décrit une surface $m = m(u, v)$, on déduit du système (S) suivant :

$$F = 0, \qquad F_x x_u + F_y y_u + F_z z_u = 0, \qquad F_x x_v + F_y y_v + F_z z_v = 0,$$

---

(2) G. Bouligand, *Bull. Sc. Math.*, 2, 61, 1937, p. 51-53.

(3) Goursat, *Leçons sur l'intégration des équations aux dérivées partielles du second ordre*, I, 1896, p. 1-38.

Il s'agit alors d'un problème parabolique, lequel équivaut localement, à une TC près, à l'étude de l'équation $|p_{ij}| = 0$. Ce qui subsiste pour n quelconque.

la surface $M = M(u, v)$ lieu de M. Dans (S) les trois premiers membres exprimés en u, v sont $\equiv 0$, d'où la même propriété pour $F_x X_u + \ldots$, $F_x X_v + \ldots$. La condition pour que sur $m = m(u, v)$, les lignes (u), (v) soient telles que la limite de l'intersection des antécédentes de M et $M + M_u du$ soit tangente à m_v, équivaut à la condition pour que sur $M = M(u, v)$, les conséquentes de m et $m + m_u du$ suscitent une propriété analogue. Cette dualité des *systèmes conjugués généralisés* ([4]) se réduit à celle des systèmes conjugués usuels quand la TC consiste en une polarité réciproque. De même, *aux asymptotiques généralisées* de $m = m(u, v)$ correspondent celles de $M = M(u, v)$ ([5]).

4. La notion des E^2_γ des n°s 1, 2 ci-dessus ne paraît pas avoir été rencontrée, sauf en des remarques de M. Fréchet sur le continu image d'une courbe $y = \varphi(x)$ sans courbure, mais avec paratingente unique, par une TC de son plan ([6]).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur la résistance des radicules de diverses plantes à des températures entre 40 et 60°.* Note (*) de M. **Pierre Dangeard.**

On situe en général entre 45 et 50° les températures mortelles pour le protoplasme en état d'activité, si l'on met à part certains organismes exceptionnels dits thermophiles. Encore faut-il ajouter que cette température mortelle doit agir pendant un certain temps pour être efficace. Dans le but de rechercher si l'action de la chaleur pouvait, comme d'autres facteurs précédemment étudiés ([1]), provoquer dans le protoplasme des altérations réversibles nous avons cherché à quelles températures il fallait soumettre les radicules de diverses plantes et pendant combien de temps pour que celles-ci puissent montrer, le cas échéant, des altérations réversibles dans leurs cellules. Il s'agissait donc préalablement de déterminer le degré de résistance des radicules de diverses plantes à des températures comprises entre 40 et 60°.

Nous avons, au cours de nos essais, placé des radicules de plantules jeunes dans de l'eau ordinaire portée à la température désirée et maintenue à cette température sensiblement constante pendant un temps variable. Après expérience les plantules étaient replacées, la radicule plongeant dans l'eau, à la température du laboratoire et la survie des radicules était contrôlée par leur examen journalier, l'observation du maintien de la turgescence et la reprise de leur croissance éventuellement. Dans certaines conditions la nécrose

---

([4]) Darboux, *Sol. sing. Mém. de div. sav.* (*Ac. Sc.*, 27-2, 1883, p. 6 et 60-61).

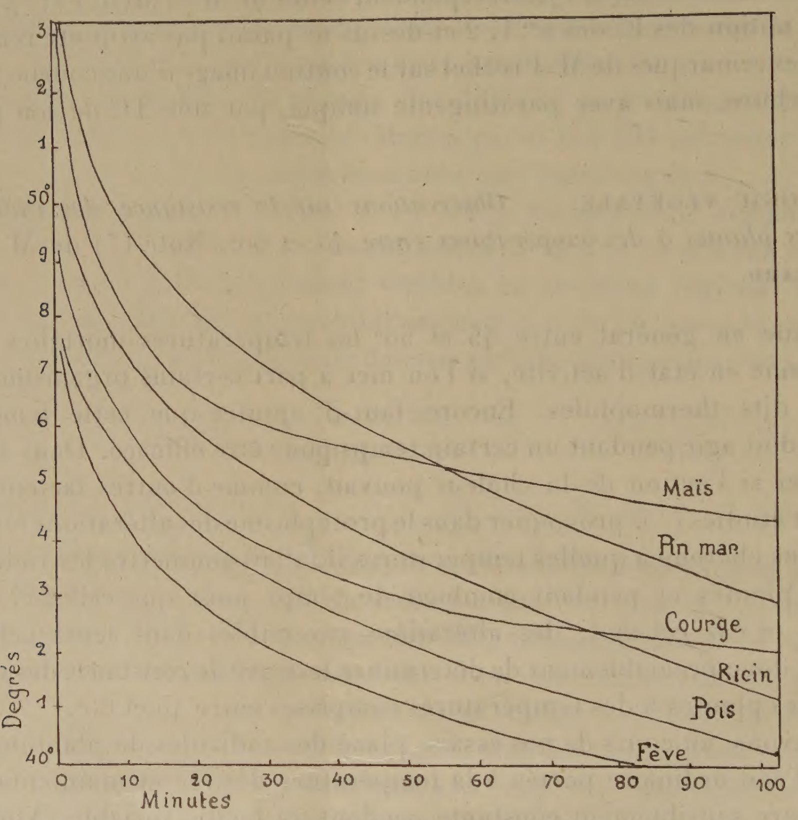
([5]) G. Bouligand, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1261.

([6]) *Rev. Sc.*, 79, 1941, p. 247-248.

(*) Séance du 26 février 1951.

([1]) *Le Botaniste*, 31e série, 1942, p. 218; *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 27 et 231, 1950, p. 9.

des radicules se manifeste immédiatement (aspect translucide, perte de turgescence); dans des conditions moins sévères, au voisinage de la limite de survie possible, il faut souvent attendre plusieurs jours pour être fixé sur le degré de résistance de la radicule étudiée. De toutes façons, même dans le cas de survie ultérieure du pivot, celui-ci est frappé d'un arrêt de croissance qui peut se prolonger pendant plusieurs jours et qui parfois, se montre définitif : l'axe de la radicule peut se renfler, se tuméfier et des radicelles viennent bientôt suppléer à la déficience du méristème apical.



Courbes de sensibilité thermique des radicules de diverses plantes obtenues en réunissant les points où les chances de survie ou de nécrose sont sensiblement égales.

Dans des conditions moins rigoureuses la croissance de la radicule reprend au bout d'un temps variable sans que l'on note de malformations, sauf assez souvent un certain étranglement de l'hypocotyle au-dessus de la région de nouvelle croissance. Cette particularité est due à la nécrose des cellules corticales externes dans la région située en deçà du point de végétation, cette région se montrant particulièrement sensible dans bien des cas.

Finalement les principales anomalies observées sur les radicules lorsqu'on se place au voisinage du seuil de survie sont la tuméfaction de l'extrémité radiculaire ou celle de l'axe hypocotylé en arrière du sommet, la bifurcation

ou dichotomie de la radicule, le changement de direction brusque de l'apex; à noter aussi un fait particulier aux radicules de Fève qui est le noircissement très marqué de la région hypocotylaire sous l'influence de la chaleur.

Nos expériences ont porté sur les plantes suivantes : Fève, Lupin blanc, Pois, Haricot, Courge giraumon, Ricin, Maïs, Pin maritime. Elles nous ont montré des différences importantes entre ces différentes plantes en ce qui concerne la résistance des radicules à des températures élevées. Donnons une idée de ces différences : alors que le Pin maritime supporte 30 minutes et même plus parfois à 47°, la radicule de Fève est tuée par deux minutes de séjour et même moins parfois dans de l'eau à cette température, soit une sensibilité quinze à vingt fois plus grande. Mais si l'on veut apprécier les différences de sensibilité entre les diverses plantes, il est bon de souligner qu'au delà d'une certaine température, environ 55°, toutes se comportent de la même façon, c'est-à-dire qu'elles sont tuées presque instantanément (le temps de nécrose se mesure en secondes). Pour des températures moins élevées, au contraire, vers 42-43°, les différences entre plantules sont souvent très marquées : c'est ainsi que le Pin maritime et surtout le Maïs supportent 42° jusqu'à 24 heures, tandis qu'une heure seulement, parfois beaucoup moins, représente une durée fatale pour le Lupin blanc et la Fève, deux heures pour le Ricin, quatre à cinq heures pour la Courge, six à sept heures pour le Haricot. En raison des différences individuelles et surtout des différences de résistance suivant l'âge des radicules les courbes de sensibilité figurées ci-contre ne peuvent être d'ailleurs qu'assez approximatives.

L'ordre de sensibilité des diverses plantes n'est pas le même suivant les températures : ainsi le Ricin supporte bien mieux les températures élevées (45 à 50°) que le Haricot, mais moins bien les températures plus basses (42-43°); le Pin maritime résiste mieux aux températures de 45-50° que le Maïs et moins bien aux températures peu élevées (42-43°). Les courbes de sensibilité se recoupent, ce qui est assez inattendu.

Au sujet de la prochaine publication de la CORRESPONDANCE DE LAVOISIER, M. **GABRIEL BERTRAND** s'exprime en ces termes :

Dans l'intention de publier la correspondance aussi complète que possible de Lavoisier, l'Académie des Sciences a constitué un Comité chargé de diriger cette Publication et a fait appel à toutes les personnes possédant quelques autographes du grand chimiste pour qu'elles veuillent bien en faire connaître l'existence au Comité [1].

A cette occasion, M. René Fric, membre du Comité, a fait paraître un

---

[1] *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 19 et **228**, 1949, p. 1832.

catalogue préliminaire comprenant cinq parties : 1° les lettres de Lavoisier datées, de beaucoup les plus nombreuses; 2° les lettres de Lavoisier sans date, classées par ordre alphabétique de leurs destinataires; 3° les lettres datées adressées à Lavoisier, très nombreuses aussi; 4° les lettres sans date adressées à Lavoisier, classées par ordre alphabétique de leurs auteurs et 5° les documents divers touchant Lavoisier.

Depuis, le Comité s'est réuni et, considérant que la figure de Lavoisier dépasse largement le cadre de l'histoire de la Chimie, il a décidé d'ajouter les lettres de Mme Lavoisier, ainsi que toutes les pièces, même les billets en apparence insignifiants, de ou à Lavoisier.

Le Comité a eu la satisfaction de recevoir de nombreuses réponses et il va se réunir sous peu pour prendre les décisions qu'impose le début de l'impression de l'Ouvrage. Il s'adresse une dernière fois aux possesseurs d'autographes touchant à la vie et aux travaux de l'illustre savant et les prient, s'ils ne l'ont déjà fait, de bien vouloir en communiquer, en vue de la publication, soit une photographie, soit une copie exacte, sans aucune modification, même de l'orthographe.

Ces communications devront être faites soit à M. Louis de Broglie, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, soit à M. René Fric, 24, avenue d'Aubière, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme) (France), d'ici la fin du prochain mois d'avril, date arrêtée pour le classement définitif.

M. **Maurice de Broglie** fait hommage d'un Ouvrage de M. Robert Leprêtre intitulé : *Le Radar*, dont il a écrit la *Préface*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Maurice Dulaey. *Construction des abaques*.

2° *Cours de cinématique*, par René Garnier, Tome III. *Géométrie et cinématique cayleyennes*.

3° *Les grands problèmes de l'Astronomie*, par Junior Gauzit.

4° U. N. E. S. C. O. *Répertoire des Organisations scientifiques internationales*.

5° *La nouvelle Carte de France au* 20000e, par le Général Louis Hurault.

6° *Nedbøren i Norge*, 1895-1943, utgitt av det Norske meteorologiske Institutt. Tomes I et II.

7° Henry Des Abbayes. Une série de tirages à part concernant ses travaux de botanique de 1939 à 1950.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur certaines relations de l'algèbre des ensembles*. Note de M. **Dragoslav S. Mitrinovitch**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Un théorème généralisant la proposition désignée par O. Ore sous le nom d'axiome de Dedekind. Application aux ensembles finis d'entiers distincts.

1. Considérons l'ensemble E et formons-en des parties $A_1, A_2, \ldots, A_n$ quelconques, supposées non toutes disjointes entre elles, les s combinaisons (sans répétitions) k à k, à savoir les ensembles

$$\{A_1, A_2, \ldots, A_k\}, \ldots, \{A_{n-k+1}, A_{n-k+2}, \ldots, A_n\}$$

avec

$$s=\binom{n}{k}, \qquad 1\leqq k\leqq n.$$

Envisageons ensuite les deux suites d'ensembles

$$P_1 = A_1\cap A_2\cap\ldots\cap A_k; \qquad \ldots; \qquad P_s = A_{n-k+1}\cap A_{n-k+2}\cap\ldots\cap A_n;$$
$$Q_1 = A_1\cup A_2\cup\ldots\cup A_k; \qquad \ldots; \qquad Q_s = A_{n-k+1}\cup A_{n-k+2}\cup\ldots\cup A_n.$$

Ceci étant, nous avons obtenu la proposition suivante :

Théorème. — *Si le nombre naturel n est impair et $k=(n+1)/2$, les n ensembles partiels A_i quelconques d'un ensemble E satisfont à la relation*

$$(1) \qquad \bigcup_{i=1}^{i=\binom{n}{k}} P_i = \bigcap_{i=1}^{i=\binom{n}{k}} Q_i,$$

qui met en évidence le fait que l'expression figurant au premier membre reste invariante si les opérations $\cap$ et $\cup$ s'échangent.

Nous avons trouvé aussi les relations suivantes

$$(2) \qquad \bigcup_{i=1}^{i=\binom{n}{k}} P_i \supseteqq \bigcap_{i=1}^{i=\binom{n}{k}} Q_i, \quad \text{si} \quad \begin{cases} 1\leqq k\leqq \left[\dfrac{n+1}{2}\right], & n \text{ nombre naturel pair,} \\ 1\leqq k\leqq \dfrac{n+1}{2}, & n \text{ nombre naturel impair;} \end{cases}$$

$$(3) \qquad \bigcup_{i=1}^{i=\binom{n}{k}} P_i \subseteqq \bigcap_{i=1}^{i=\binom{n}{k}} Q_i, \quad \text{si} \quad \begin{cases} \left[\dfrac{n+1}{2}\right] < k\leqq n, & n \text{ nombre naturel pair,} \\ \dfrac{n+1}{2} < k\leqq n, & n \text{ nombre naturel impair.} \end{cases}$$

Pour $n=3$, $k=2$, la relation (1) se réduit à

$$(A_1\cap A_2)\cup(A_1\cap A_3)\cup(A_2\cap A_3) = (A_1\cup A_2)\cap(A_1\cup A_3)\cap(A_2\cup A_3),$$

ce qui présente la relation de Dedekind, appelée par O. Ore [1] *l'axiome de Dedekind*.

2. *Application.* — Soient

1° $a_1, a_2, \ldots, a_n$ divers nombres naturels distincts;

2° $(a_1, a_2, \ldots, a_k)$ leur plus grand commun diviseur;

3° $[a_1, a_2, \ldots, a_k]$ leur plus petit commun multiple.

Si n désigne un nombre naturel impair et $k=(n+1)/2$, on a

$$[(a_1, a_2, \ldots, a_k), \ldots, (a_{n-k+1}, a_{n-k+2}, \ldots, a_n)] = ([a_1, a_2, \ldots, a_k], \ldots, [a_{n-k+1}, a_{n-k+2}, \ldots, a_n]),$$

le plus grand commun diviseur et le plus petit commun multiple s'étendant à toutes les combinaisons des nombres $a_1, a_2, \ldots, a_n$ pris k à k.

On a aussi deux relations correspondant aux inclusions (2) et (3), mais nous les omettons dans cette Note.

3. Dans le cas où les ensembles partiels $A_1, A_2, \ldots, A_n$ sont disjoints, la relation (1) est valable, non seulement pour n nombre naturel impair et $k=(n+1)/2$, mais aussi dans le cas où n et k désignent deux nombres naturels quelconques sous la condition que

$$1 < k < n.$$

Pour $k=n$ et $k=1$ restent valables respectivement (2) et (3).

ALGÈBRE. — *L'équivalence de quelques représentations d'une structure abstraite*. Note de M. **Vjakalathur-S. Krishnan**, présentée par M. Jacques Hadamard.

On considère l'équivalence entre certaines représentations des *structures abstraites* (qui peuvent être, en particulier, soit topologiques, soit algébriques). Entre autres applications, on considère les représentations d'un espace complètement régulier, d'un groupe réticulé et d'un treillis distributif.

Il existe une sorte d'analogie entre le fait que l'espace complètement régulier immersible dans un produit d'espaces pseudo-métrisables, possède une topologie exprimable comme le produit de topologies sur le même ensemble de points définies à partir des pseudo-métriques [1] et le fait que le groupe réticulé immersible dans un produit direct de groupes totalement ordonnés possède un ordre partiel exprimable comme la conjonction des ordres totaux compatibles avec ce groupe [2].

---

[1] *Cf. L'algèbre abstraite* (*Actualités scientifiques et industrielles*, fasc. **362**, 1936, Paris, p. 51).

[1] V. S. Krishnan, *Jour. Ind. Math. Soc.*, **10**, 1946, p. 37-56.

[2] P. Lorenzen, *Math. Zeit.*, **52**, 1949, p. 483-526.

Cette analogie m'a amené à une étude des *structures abstraites* (qui peuvent être, en particulier, soit topologiques soit algébriques) et de quelques-unes de leurs représentations. Une structure abstraite $\mathcal{E}$ est formée par l'association d'une structure S à un ensemble d'éléments E (la base) : $\mathcal{E} = (E, S)$. La seule autre notion invoquée est celle d'une *transformation distinguée*. Quelques-unes des transformations de E dans E′ sont assignées comme les transformations *distinguées* de $\mathcal{E} = (E, S)$ dans $\mathcal{E}' = (E', S')$. (Elles généralisent les transformations continues entre espaces topologiques et les homomorphismes entre algèbres.)

La famille $\mathcal{F}$ des structures abstraites et les transformations distinguées sont soumises aux axiomes (A.1) — (A.5) suivants :

(A.1) l'identité sur E est une transformation distinguée de $\mathcal{E}$ sur lui-même;

(A.2) la succession $(\varphi_2\varphi_1)$ de deux transformations distinguées φ_1 et φ_2 nous donne une transformation distinguée;

(A.3) quand φ est une transformation biunivoque de E sur E′ et $\mathcal{E} = (E, S) \in \mathcal{F}$, il existe une structure abstraite $\mathcal{E}' = (E', S')$ dans $\mathcal{F}$ telle que φ et $\overset{-1}{\varphi}$ sont transformations distinguées de $\mathcal{E}$ sur $\mathcal{E}'$ et vice-versa; dans ce cas $\mathcal{E}$, $\mathcal{E}'$ sont dites *équivalentes*.

Enfin, quand φ est une transformation distinguée de $\mathcal{E} = (E, S)$ de $\mathcal{F}$ dans $\mathcal{E}' = (E', S')$ de $\mathcal{F}$, l'axiome (A.4) affirme l'existence dans $\mathcal{F}$ d'une structure abstraite $\bar{\mathcal{E}} = (\bar{E}, \bar{S})$ où $\bar{E} = \varphi(E)$, telle que φ soit une transformation distinguée de $\mathcal{E}$ sur $\bar{\mathcal{E}}$ et l'identité une transformation distinguée de $\bar{\mathcal{E}}$ dans $\mathcal{E}'$; tandis que l'axiome (A.5) affirme l'existence d'une structure S_1 associée à E telle que φ soit une transformation distinguée de (E, T) dans $\mathcal{E}'$ si et seulement si l'identité est une transformation distinguée de (E, T) sur (E, S_1).

A partir de ces définitions et axiomes, nous définissons le produit direct des structures abstraites et les sous-structures. Une famille $\mathcal{M}$ contenue dans $\mathcal{F}$ est appelée *multiplicative* si le produit direct existe dans $\mathcal{M}$ pour chaque sous-ensemble non vide de $\mathcal{M}$; et $\mathcal{M}$ est appelée *héréditaire* si (E, S_1) appartient à $\mathcal{M}$ quand φ est une transformation distinguée de $\mathcal{E} = (E, S)$ de $\mathcal{F}$ dans $\mathcal{E}' = (E', S')$ de $\mathcal{M}$, où S_1 est définie dans (A 5).

Le théorème principal est le suivant :

Une famille héréditaire, multiplicative $\mathcal{M}$ contenant une famille héréditaire $\mathcal{H}$, contient aussi une famille héréditaire, multiplicative et minimum *contenant $\mathcal{H}$: cette famille $\mathcal{H}$ se compose des éléments $\mathcal{E}$ de $\mathcal{M}$ qui vérifient l'une des trois conditions, équivalentes suivantes :*

1° [*et* 2°] *$\mathcal{E}$ est équivalente à* [*réductible à*] *une sous-structure d'un produit direct des structures abstraites appartenant à $\mathcal{H}$;*

3° $\mathcal{E} = (E, S)$ *et* $S = \prod_i S_i$ [*par rapport à l'ordre partiel* $<$ *défini parmi les*

structures (S_i) *associées à* E *par* $S_i < S_j$ *si l'identité est une transformation distinguée de* (E, S_i) *sur* (E, S_j)], *où chaque* (E, S_i) *appartient à* $\mathcal{H}$.

Ce théorème s'applique non seulement pour les représentations d'espaces complètement réguliers et de groupes reticulés, mais aussi pour celles d'un treillis distributif. A partir de la représentation d'un treillis distributif comme anneau d'ensembles due à M. G. Birkhof [3], nous déduisons une représentation nouvelle (à ma connaissance) à savoir :

Un treillis est distributif si et seulement si son ordre partiel est expressible comme conjonction d'ordres totaux.

Les démonstrations paraîtront dans un autre Recueil.

ANALYSE FONCTIONNELLE. — *Enveloppes d'opérateurs hermitiens bornés.* Note de M. **André Regnier**, présentée par M. Émile Borel.

A l'aide d'un système d'équations fonctionnelles caractérisant les formes des opérateurs hermitiens bornés, on montre l'existence des enveloppes pour les familles dénombrables d'opérateurs du groupe G introduit précédemment [1].

On étend ici la notion d'enveloppe aux familles dénombrables d'éléments du groupe G introduit précédemment. Un groupe réticulé ou un treillis vectoriel sera dit fort si toute famille dénombrable d'éléments x_i tous plus grands qu'un élément fixe a possède une enveloppe inférieure, et de même une enveloppe supérieure si tous ses éléments sont plus petits qu'un élément fixe b. C'est-à-dire que $a \subset x_i$ pour tout i entraîne qu'il existe un p tel que : $y \subset x_i$ pour tout i équivaut à $y \subset p$. On écrira $p = \bigcap_{i=1}^{\infty} x_i$, ce sera l'enveloppe inférieure des x_i. De même : $x_i \subset b$ pour tout i entraîne qu'il existe un s tel que : $x_i \subset z$ pour tout i équivaut à $s \subset z$. On écrira $s = \bigcup_{i=1}^{\infty} x_i$, ce sera l'enveloppe supérieure des x_i. Lorsque l'existence des enveloppes est acquise pour les familles finies on peut se contenter d'établir celle de $\cap x_i$ pour les familles décroissantes $x_{i+1} \subset x_i$. En écrivant $b = x_i + (b - x_i)$ on voit que l'existence des $\cap x_i$ entraîne celle des $\cup x_i$: $\cup x_i = b - \cap (b - x_i)$.

On vérifie aisément que la forme $F(x) = (hx, x)$ d'un hermitien borné h satisfait aux conditions suivantes :

1° $F(x)$ réelle définie pour tout x de H.

2° Pour λ nombre complexe $F(\lambda x) = F(x)$.

3° Pour t nombre réel $F(tx + y) - F(tx - y) = t[F(x + y) - F(x - y)]$.

4° $F(x + y) + F(x - y) = 2[F(x) + F(y)]$.

---

(3) *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 29, 1933, p. 441-464, (en particulier Th. 25.2).

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 675.

5° $F(x)$ bornée dans la sphère $\|x\| \leqq 1$. Réciproquement une fonction possédant ces propriétés est la forme d'un hermitien borné. En effet, posant

$$4K(x, y) = F(x+y) - F(x-y) + i[F(x+iy) - F(x-iy)] \qquad i = \sqrt{-1},$$

on constate que les relations ci-dessus entraînent : $K(x, y)$ imaginaire conjuguée de $K(y, x)$; $K(\lambda x, y) = \lambda K(x, y)$; $K(x+y, z) + K(x-y, z) = 2K(x, z)$ et $K(x+y, z) - K(x-y, z) = 2K(y, z)$ d'où la linéarité en ajoutant membre à membre ; enfin K est bornée dans la sphère de rayon 1, d'où résulte sa continuité. La self-dualité de l'espace de Hilbert permet alors d'écrire

$$K(x, y) = (u_x, y).$$

Mais l'application $x \to u_x$ est elle-même linéaire et continue et définit donc un opérateur linéaire borné h dont la forme $(hx, x) = K(x, x) = F(x)$ est la fonction donnée. Comme celle-ci est réelle, h est hermitien, et il est uniquement déterminé puisqu'un opérateur dont la forme est identiquement nulle est nul.

Si les conditions 2°-5° ci-dessus sont remplies par une fonction réelle F, définie dans la sphère $\|x\| \leqq 1$, lorsque les vecteurs qui y figurent appartiennent à cette sphère, F se prolonge uniquement en une fonction vérifiant 1°-5° et par conséquent définit un hermitien borné.

Considérons une famille dénombrable décroissante d'éléments de G, soit h_i, tous plus grands que $h \in G$. Envisageons leurs formes comme fonctions dans la sphère $\|x\| \leqq 1$. Soit m la borne de (hx, x) dans cette sphère. On a

$$-m \leqq (hx, x) \leqq (h_{i+1}x, x) \leqq (h_i x, x).$$

Les fonctions $(h_i x, x)$ ont une enveloppe inférieure qui est aussi leur limite. Les équations fonctionnelles 1°-3° se prolongent à cette limite qui définit donc un opérateur hermitien borné, soit g. Celui-ci jouera le rôle d'enveloppe inférieure de la famille des h_i s'il appartient à G. Soit f un opérateur quelconque de G, P un projecteur quelconque commutant avec f; d'après la définition de G, P appartient à G et il nous suffit de montrer que g commute avec P. Tous les h_i commutent avec P, en posant pour un x quelconque de $H : y = Px$, $z = (1-P)x$ on a $(h_i x, x) = (h_i y, y) + (h_i z, z)$. Cette égalité se prolonge à la limite : $(gx, x) = (gy, y) + (gz, z)$. Elle entraîne que g commute avec P et par conséquent appartient à G. C. Q. F. D.

On a donc établi que dans le groupe G d'opérateurs hermitiens considéré chaque famille dénombrable dont les éléments sont tous supérieurs à un même élément d'un groupe possède une enveloppe inférieure. On en conclut (*cf.* plus haut) que G est un treillis vectoriel fort.

Lorsque l'espace H est séparable la notion d'enveloppe s'étend aux familles infinies quelconques, car on montre simplement que la fonction enveloppe inférieure de formes (hx, x) toutes plus grandes qu'une forme donnée est égale sur un ensemble partout dense à l'enveloppe inférieure d'une famille dénombrable et définit ainsi un opérateur de G.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Intégrale de Stieltjes stochastique et un théorème sur les fonctions aléatoires d'ensembles.* Note de M. **Gopinath Kallianpur**, présentée par M. Jacques Hadamard.

On donne la définition d'une intégrale aléatoire du type de Lebesgue-Stieltjes, dans un cas plus général que celui auquel la définition classique peut s'appliquer. Cette définition est analogue à celle de l'intégrale de Pettis; mais ici c'est la fonction d'ensemble Z qui est aléatoire.

Soit $x(t)$ une fonction aléatoire (f. a.) du second ordre ayant pour covariance $\Gamma(t, s)$. H. Cramér a montré que, pourvu que $\Gamma(s, t)$ soit à variation bornée dans tout domaine du plan des st, on peut définir une f. a. additive d'ensembles, $Z(S)$, qui joue le rôle de fonction spectrale de $x(t)$. S est un ensemble de Borel borné, quelconque. Pour simplifier la discussion nous supposons que $x(t)$ ait des valeurs réelles et que $E[Z(S)] = 0$.

1. *Une nouvelle définition de l'intégrale* $\int_S f(a)\, dZ$. — Soit $L(Z)$ l'ensemble de toutes les variables aléatoires de la forme $\sum_{i=1}^{n} c_i Z(S_i)$, où les S_i sont des ensembles de Borel bornés et où les c_i sont des constantes réelles. Désignons par $L_2(Z)$ sa fermeture par rapport à la convergence en moyenne quadratique. A tout couple z_1, z_2 de ses éléments nous faisons correspondre un nombre $(z_1, z_2) = E(z_1, z_2)$, où E désigne l'espérance mathématique. Alors L est un espace de Hilbert. Pour chaque z de L écrivons

$$E[z.Z(S)] = P_z(S).$$

Il est facile de voir que P est une mesure *avec signe* (*Signed measure*, voir *Measure Theory*, par P. R. Halmos). Donc nous pouvons écrire

$$P_z(S) = P_z^+(S) - P_z^-(S),$$

où P_z^+ et P_z^- sont des mesures finies et non négatives. Nous désignerons la mesure $P_z^+ + P_z^-$ par $|P_z|$.

Soit $f(a)$ une fonction à valeurs réelles telle que :

1° l'intégrale ordinaire de Stieltjes $\int_S f(a)\, d|P_z|$ existe et soit finie pour tout z de L_2;

2°

$$\frac{1}{\|z\|} |\mathcal{J}_S(z)| \leq M \qquad (z \neq 0), \qquad \text{où} \quad \mathcal{J}_S(z) = \int_S f(a)\, dP_z \qquad \text{et} \qquad \|z\|^2 = E(z^2).$$

Alors $\mathcal{J}_S(z)$ est une opération linéaire bornée ayant L_2 pour domaine. D'après un théorème bien connu de F. Riesz, il existe un élément $I(S)$ unique dans L_2 tel que

$$E[z.I(S)] = \mathcal{J}_S(z), \qquad \text{pour tout } z \text{ de } L_2.$$

Nous définissons cet élément I(S) comme l'intégrale de Stieltjes stochastique $\int_S f(a)\,dZ$.

2. *Définition.* — Nous disons que la *f. a.* d'ensemble Z(S) est absolument continue (*a. c.*) par rapport à une mesure μ, si,

$$\|Z(S)\|^2 = E\{[Z(S)]^2\} = 0 \qquad \text{lorsque} \quad \mu(S) = 0.$$

(Pour éviter des complications, supposons que $\mu(R) < \infty$, R étant l'axe réel.) Soit

$$F(S) = \sup_z \frac{1}{\|z\|} |E[z.Z(S)]|, \qquad (z \neq 0).$$

Maintenant supposons que les deux conditions suivantes soient remplies :

A. L'espace L_2 est séparable.

B. La variation totale de F est finie pour tous les ensembles de Borel bornés [1]. Si A et B sont vérifiés, on obtient le théorème suivant :

Si Z est a. c. par rapport à une mesure μ, il existe un élément $\varphi(\lambda)$ (pour presque toutes les valeurs de λ), dans L_2 *tel que,*

$$Z(S) = \int_S \varphi(\lambda)\,d\mu,$$

l'intégrale stochastique à droite étant prise dans le sens de Karhunen.

M. le Professeur Cramér a bien voulu me permettre d'utiliser son mémoire non encore publié du *Symposium de Berkeley* (1950).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Lois des grands nombres et théorie ergodique.* Note de Mlle **Édith Mourier**, présentée par M. Émile Borel.

Nous considérons des éléments aléatoires (e. a.) à valeurs dans un espace de Banach séparable $\mathfrak{X}$, nous utilisons les définitions et les notations de deux Notes précédentes [1]; α étant un nombre quelconque ≥ 1 soit $(\mathfrak{X})_\alpha$ l'espace des e. a. X tels que : $E(\|X\|^\alpha) < +\infty$. On a les propriétés suivantes :

a. $(\mathfrak{X})_\alpha$ est un espace de Banach en adoptant $[E(\|X\|^\alpha)]^{1/\alpha}$ comme norme de l'élément X de $(\mathfrak{X})_\alpha$ [2].

b. Un e. a. ne prenant p. s. qu'une infinité dénombrable de valeurs distinctes étant dit « un dénombrable », étant donné un élément X quelconque de $(\mathfrak{X})_\alpha$

---

[1] J'ai utilisé ici une condition que Dunford et Pettis ont introduite dans une question analogue à celle étudiée ici (cf. *Trans. Amer. Math. Soc.*, 1940).

[1] *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1300 et **231**, 1950, p. 28. Rappelons que la mesure de probabilité est toujours supposée telle que $x^*(x)$ soit une fonction de x dans $\mathfrak{X}$ mesurable quel que soit x^* fixe dans $\mathfrak{X}^*$.

[2] Ceci est vrai même si $\mathfrak{X}$ n'est pas séparable.

on peut trouver un dénombrable X' dans $(\mathfrak{X})_\alpha$ tel que $[E(\|X - X'\|)^\alpha]^{1/\alpha}$ soit aussi petit que l'on veut.

c. Supposons $\alpha > 1$. Si à chaque épreuve u on fait correspondre une fonctionnelle linéaire $x^\star(u)$ prise dans $\mathfrak{X}^\star$ on définit un e. a. $X^\star$ à valeurs dans $\mathfrak{X}^\star$; appelons $(\mathfrak{X}^\star)_\alpha$ l'ensemble des e. a. pour lesquels $E(\|X^\star\|^\alpha) < +\infty$; en adoptant $[E(\|X^\star\|^\alpha)]^{1/\alpha}$ comme norme de l'élément $X^\star$ de $(\mathfrak{X}^\star)_\alpha$, $(\mathfrak{X}^\star)_\alpha$ est un espace de Banach (propriété *a*, ci-dessus); toute expression de la forme

$$E[X^\star(X)], \tag{1}$$

où $X^\star$ est un élément fixe quelconque de $(\mathfrak{X}^\star)_{\frac{\alpha}{\alpha-1}}$, considérée comme fonction de l'élément X variable dans $(\mathfrak{X})_\alpha$, est une fonctionnelle linéaire sur $(\mathfrak{X})_\alpha$; si en outre $\mathfrak{X}$ est *réflexif*, réciproquement toute fonctionnelle linéaire sur $(\mathfrak{X})_\alpha$ est de la forme (1).

L'application de ces propriétés permet d'établir que :

THÉORÈME I. — *Loi forte des grands nombres. — Soit* $\{X_n\}$ $(n = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots)$ *une suite strictement stationnaire d'e. a.* X_n *de* $(\mathfrak{X})_1$, *il y a une probabilité* 1 *pour que* : $Y_n = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i$ $(n > 0)$ *tende* fortement *lorsque* $n \to +\infty$ *vers un e. a. limite* Y *de* $(\mathfrak{X})_1$.

Ce théorème I, dont la démonstration s'appuie sur le théorème ergodique de Birkhoff dont il constitue une extension au cas où l'e. a. prend ses valeurs dans un espace de Banach, s'applique en particulier si les X_n sont en outre mutuellement indépendants [on peut alors se limiter à une suite $\{X_n\}$ définie pour $n > 0$ seulement] Y se réduit alors à $E(X_n)$, on peut en déduire que, pour tout $\mathfrak{X}$ séparable, la condition $E(\|X\|) < +\infty$ entraîne l'existence de E(X) [ce qui est un théorème d'existence nouveau pour l'intégrale de Pettis].

THÉORÈME II. — *Loi des grands nombres en moyenne d'ordre* α. — $\mathfrak{X}$ étant *réflexif* et $\alpha > 1$, $\{X_n\}$ $(n = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots)$ désignant une suite strictement stationnaire d'éléments X_n de $(\mathfrak{X})_\alpha$, il existe un élément Y dans $(\mathfrak{X})_\alpha$ tel que :

$$\lim_{n \to +\infty} E\left(\left\|\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i - Y\right\|^\alpha\right) = 0.$$

Ce théorème II, dont la démonstration s'appuie sur un théorème ergodique de Yosida et Kakutani ([3]) contient comme cas particulier beaucoup des lois des grands nombres en moyenne, déjà connues; même dans le cas où $\mathfrak{X}$ est euclidien il fournit des résultats nouveaux (par exemple si $\mathfrak{X}$ est euclidien à 1 dimension et si $\alpha = 2$, on retrouve le théorème classique de Khintchine; si

(3) *Annals of Mathematics*, 42, n° 1, 1941.

$\alpha \neq 2$ le résultat est nouveau à notre connaissance). Ce théorème II met en évidence une connexion entre les lois des grands nombres en moyenne et la réflexivité ([4]).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les rapports entre la quantité d'information au sens de Fisher et au sens de Wiener.* Note de M. **Marcel Paul Schutzenberger**, présentée par M. Émile Borel.

Limitons-nous au cas discret pour plus de simplicité et soit ξ une variable aléatoire pouvant prendre les états $A_i (i \in I)$ avec les probabilités respectives $\Pr(A_i) = a_i$. Selon qu'il s'agit de statistique mathématique ou de théorie de l'information, la locution « *quantité d'information attachée à l'observation de* ξ » a deux sens bien différents. On donnera ici le principe d'une démonstration faisant apparaître ces deux expressions comme des cas particuliers de la solution générale d'un système de deux équations fonctionnelles qu'il est naturel d'imposer *a priori* à toute mesure de l'information ([1]).

Supposons que les a_i dépendent d'un paramètre inconnu θ qu'il s'agit d'estimer. D'après Fisher ([2]), la quantité d'information relative à θ attachée à l'observation de ξ est définie par :

$$H_F = \sum_{i \in I} \left(\frac{\partial a_i}{\partial \theta} \right)^2 \frac{1}{a_i} = - \sum_{i \in I} a_i \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \log a_i.$$

Sous certaines conditions très générales $1/H_F$ limite inférieurement la variance de toute valeur estimée $\hat{\theta}$ de θ.

D'après Wiener ([3]) et Shannon ([4]), la quantité d'information sur ξ est définie par :

$$H_W = - \sum_{i \in I} a_i \log_2 a_i,$$

H_W borne inférieurement le nombre moyen d'observations élémentaires nécessaires à la détermination de l'état ξ_0 pris par ξ dans une certaine épreuve ([5]).

([4]) Ce théorème II est aisé à obtenir directement dans le cas où $\mathfrak{X}$ est un espace de Hilbert; *cf.* Fréchet-Glivenko.

([1]) Une théorie entièrement différente (généralisant la probabilité au lieu de l'information) a été récemment développée par G. A. Barnard (*Roy. Stat. Soc.*, 31 janvier 1951). Cette théorie se place sur un plan différent de la nôtre et nous ne la discuterons pas ici.

([2]) *Proc. Roy. Soc.*, A 146, 1934, p. 1.

([3]) *Cybernetics*, 1948, p. 47.

([4]) *The Bell System Techn. Journ.*, 27, 1948, p. 379.

([5]) J. Ville et M. P. Schützenberger, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 206.

Soit maintenant $H(x)$ une mesure *quelconque* de la quantité d'information attachée à l'observation qui consiste à déterminer si l'état ξ_0 pris par ξ dans une certaine épreuve appartient ou non à l'ensemble X ($\Pr(\xi \in X) = x$).

Soient X, Y et Z trois ensembles disjoints quelconques de probabilités respectives x, y et z partitionnant l'ensemble des A_i ($i \in I$) ($x + y + z = 1$). Nous imposerons à H les trois conditions suivantes :

(1) *Continuité* : $H(x)$ est une fonctionnelle uniformément continue de x.

(2) *Symétrie* : $H(x) = H(1 - x)$.

(3) *Commutativité* :

$$H(x) + (1 - x) H\left[\frac{y}{1 - x}\right] = H(y) + (1 - y) H\left[\frac{x}{1 - y}\right] = H(x; y).$$

(3) exprime qu'il est indifférent de déterminer d'abord si $\xi_0 \in X$ puis dans le cas contraire si $\xi_0 \in Y$ ou de déterminer d'abord si $\xi_0 \in Y$ puis dans le cas contraire si $\xi_0 \in X$. (2) et (3) impliquent que $H(x; y) = H(x; z) = H(y; z)$, et permettent d'associer à toute partition de l'ensemble des A_i en sous-ensembles disjoints une fonction symétrique de leurs probabilités qui est la quantité d'information attachée à la détermination de celui d'entre eux contenant ξ_0. Posons $K(y; z) = (1 - x) H[y/(1 - x)]$. (3) devient :

$$K(x; y + z) + K(y; z) = K(y; z + x) + K(z; x) = K(z; x + y) + K(x; y)$$

dont la solution générale *continue* est : $K(x; y) = f(x) + f(y) - f(x + y)$. L'homogénéité de degré un de H impliquée par (3), montre que $f(x)$ doit être de la forme $x D \log x$ où D est un *opérateur linéaire quelconque*, d'où :

$$H(x) = x D \log x + (1 - x) D \log (1 - x).$$

On vérifie que pour H_1, $D = (d/dt)$ et pour H_α, $D = -1 \log$.

Généralisation. — A d'autres formes de D correspondent des généralisations utiles du concept d'information. Citons seulement :

a. Soient η_i ($i \in I$) des variables aléatoires indépendantes ne prenant que les valeurs 0 ou 1. Soit $\Pr(\eta_i = 1) = p_i$. Les fonctions rationnelles $P_1, P_2, \ldots, P_n$ des p_i étant les probabilités des différents résultats d'une observation $\mathcal{E}$ sur les valeurs prises par les η_i dans une épreuve, le nombre moyen de η_i dont $\mathcal{E}$ permet d'affirmer qu'ils ont pris la valeur 1 est donné par

$$H_i = \sum P_i D_1 D_2 D_3 \log P_i$$

où D_1 consiste à poser $p_1 = p_2 = \ldots = p_n = \pi$; D_2, à diviser par $\log(1 - \pi)$; D_3, à faire $\pi = 1$. H_i permet d'étudier le nombre moyen de η_i ayant pris la valeur 1 que l'on peut déterminer par une suite donnée d'observations indépendantes ou non.

4. Associons à tout A deux fréquences [illegible] et [illegible], on considérera l'expression

$$[illegible]$$

qui n'est nulle que pour [illegible] et qui peut être interprétée comme une pseudo-distance [puisque [illegible]] entre les deux fréquences. Manifestement cette expression est aussi une information généralisée [illegible] (1), (2) et (3). Si les [illegible] sont des fréquences théoriques et les [illegible] les fréquences correspondantes observées dans une certaine suite de N épreuves indépendantes, cette expression est proportionnelle au logarithme de la vraisemblance des observations. On remarquera que l'expression [illegible] qui correspond à la mesure de concordance par χ^2 conduit à une relation analogue mais distincte de (3) :

$$(5) \qquad [illegible]$$

où χ^2 est symétrique en les x, y et z.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Variation de la fonction de distribution de quantité de mouvement [illegible] dans une transition. Équivalence entre notre théorie et la théorie du positon de Feynman.* Note de M. OLIVIER COSTA DE BEAUREGARD, présentée par M. Louis de Broglie.

La formule que fournit notre théorie pour la variation de la densité de distribution de l'impulsion-énergie [illegible] les formules [illegible] de Feynman [illegible].

Soient [illegible] et [illegible] deux états stationnaires [illegible] de l'électron libre, et étudions la transition provoquée par la présence entre [illegible] et [illegible] d'un quadri-potentiel [illegible]. Notre formule pour la variation de [illegible] à [illegible] de la fonction caractéristique de l'impulsion-énergie [illegible]

$$[illegible]$$

[illegible] désignant la transformée de Fourier quadridimensionnelle de [illegible], la transformée de Fourier pour l'impulsion-énergie étant de [illegible] qui est la variation de [illegible] à [illegible] de la densité de distribution de l'impulsion-énergie s'écrit donc (compte tenu deux fois de la formule du produit de composition)

$$[illegible]$$

---

(1) *Phys. Rev.*, 76, [illegible]; voir principalement [illegible].

(2) Nous nous fondons sur [illegible] *Comptes rendus*, 232, 1951, p. [illegible].

(3) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. [illegible], form. [illegible].

ainsi, *la variation du poids de l'état dynamique* p^i *apparaît comme une différence entre une augmentation par ondes convergentes et une diminution par ondes divergentes de ce poids*, et c'est ce qu'on devait attendre. *Notre formule exacte* (2) *équivaut aux formules d'approximations successives de Feynman* ([1]). En effet, d'après cette formule, la probabilité au premier ordre de la transition entre états libres de l'électron $p_1^i \to p_2^i$ sera le produit d'une probabilité d'absorption dans le potentiel $p_1^i \to p_1^i + q^i$ par une probabilité d'émission par le potentiel $p_2^i - q^i \to p_2^i$, avec $p_2^i - p_1^i = q^i$, de sorte que l'*amplitude* attachée à cette transition sera

$$(3) \qquad \mathfrak{A}_1(p_2^i, p_1^i) = \overline{\varphi_2}\gamma^k a_k(p_2^i - p_1^i)\varphi_1,$$

ce qui est la formule de Feynman ; ensuite au deuxième ordre et aux suivants, il vient

$$(4) \qquad \mathfrak{A}_2(q^i + p_2^i, q^i - p_1^i) = \overline{\varphi_2}\gamma^k \int a_k(p_2^i)\varphi(q^i)\varphi(q^i)a_l(p_1^i)\,\partial\tau_q\gamma^l\varphi_1, \qquad \ldots,$$

ce qui est encore la suite des formules de Feynman (compte tenu de la formule du *produit de composition* et de la remarque initiale de Feynman au paragraphe cité).

Ainsi, *appliquée à l'électron plongé dans un quadri-potentiel non quantifié, la théorie que nous venons de développer dans une série de Notes* ([4]) *est équivalente à la* théorie du positon *de Feynman* ([1]), la différence est que nous raisonnons sur la fonction d'onde et non sur la fonction de Green ; l'utilisation covariante de la *fonction caractéristique* d'Arnous ([5]) est la clé centrale de notre travail, et la substitution de l'opérateur $-(h/2\pi i)\partial^l$ à l'opérateur H_l pour représenter l'énergie totale est la condition essentielle à l'obtention des présentes formules.

Résumons les grands traits de notre théorie. Un *état* d'une particule relativiste à spin est *identifié à la donnée du* ψ *partout sur une hypersurface* $\mathcal{E}$ *du genre espace. L'évolution* de la particule est *identifiée à la résolution du problème de Cauchy à partir de la donnée précédente*. Une *définition généralisée du produit scalaire hermitien, pris sur* $\mathcal{E}$, est introduite ([6]), qui permet en principe de définir *sur l'état* $\mathcal{E}$ les fonctions et valeurs propres de tout opérateur hermitien. Une difficulté a été rencontrée avec le quadri-opérateur $i\partial^k$, due à ce que le groupe des translations de l'espace-temps intéresse toute l'évolution spatio-temporelle du ψ, et a été tournée par une utilisation appropriée du critère de Bochner ([3]). Deux cas sont alors à distinguer : A. *La quadritranslation* y^k *homologue de la composante considérée* P^k *de l'impulsion-énergie superpose à elle-même l'hypersurface* $\mathcal{E}$ *représentative de l'état;* dans ce cas, le théorème de

---

([4]) En plus des autres Notes citées, voir *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1210 et **231**, 1950, p. 1423.

([5]) *Journ. Phys.*, 8, 1947, p. 87-93 et *Thèse*, Paris, 1946.

([6]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 626 et 724.

Stone ou, d'une façon équivalente ici, la formule du produit de composition, sont applicables à la manière d'Arnous ([5]), on sait définir un système de fonctions et valeurs propres de la composante P^k relativement à $\mathcal{E}$, et résoudre le problème fondamental inverse (connaissant la valeur de P^k, trouver le ψ).

B. *La translation y^k ne superpose pas $\mathcal{E}$ à elle-même;* c'est ce qui a lieu, notamment, pour l'opérateur $i\partial^4$ et avec un état $\mathcal{E}$ du genre espace; dans ce cas, rien de ce qui vient d'être dit ne tient (sauf en l'absence de quadripotentiel régnant); toutefois, lorsque $\mathcal{E}$ est plane, un substitut de l'opérateur $i\partial^k$ correspondant à la direction normale peut être trouvé dans l'hamiltonien homologue $i\gamma^u(\gamma^k\partial_k - \mu)$, mais, à notre sens, ce n'est là qu'un substitut approché.

Notre théorie procède entièrement des idées exposées dans nos deux Notes d'octobre 1947 ([6]), idées qui incluaient l'assimilation du positon à un électron rétrograde dans le temps.

ASTRONOMIE. — *Sur la répétition artificielle de certains phénomènes astronomiques brefs grâce à une méthode d'observation par double image.* Note de M. **Paul Muller**, présentée par M. André Danjon.

L'observation de certains phénomènes astronomiques est limitée, de par leur nature même, à la notation d'un instant unique; telles sont, entre autres, les occultations par la Lune et certaines phases des aspects présentés par les quatre gros satellites de Jupiter.

Nous avons réussi à effectuer ces deux sortes d'observations en répétant artificiellement le phénomène un certain nombre de fois avant ou après l'instant où il se produisait réellement, à l'aide de notre micromètre à double image ([1]). La méthode consiste à dédoubler les images suivant la direction du mouvement apparent de l'astre (étoile ou satellite) vers le bord lunaire ou planétaire, de façon à observer un contact entre l'image primaire de l'un et l'image secondaire de l'autre, alors que dans la réalité ils sont encore (ou déjà) séparés par une certaine distance. On répète l'opération avec des dédoublements croissants ou décroissants, suivant le sens du mouvement relatif, en notant à chaque fois l'instant du contact et la lecture du tambour du micromètre. Connaissant la lecture du zéro (coïncidence des images), une extrapolation à l'aide d'une droite de récurrence, dont le mode de construction est évident, fournit l'instant du vrai phénomène. L'observation de ce dernier, probablement entaché d'effets systématiques dont les contacts sont exempts, ne présente aucun intérêt particulier.

([1]) *Thèses*, Paris, 1948, ou *Bulletin Astronomique*, 14, 1949, p. 177 et suiv.

La méthode permet, non seulement de multiplier les épreuves, mais encore d'étaler dans le temps l'observation d'un phénomène qui, pris isolément, est susceptible de se présenter dans des conditions défavorables (agitation atmosphérique, mauvaise visibilité des étoiles faibles près du bord lunaire, effet de surprise à l'émersion et même à l'immersion). Dans le cas des occultations par la Lune, elle offre surtout la possibilité entièrement nouvelle d'éliminer dans une large mesure l'erreur due aux inégalités du bord. Il suffit en effet de décaler le micromètre, de façon à lui faire dédoubler les images dans une direction un peu différente de celle du mouvement apparent de la Lune, pour voir les contacts successifs se produire non au lieu même du vrai phénomène, mais en une série de points échelonnés sur le bord lunaire dans son voisinage immédiat.

Dans ce même cas des occultations par la Lune, la course disponible limite assez étroitement la durée utile de l'observation; même avec un foyer aussi court ($1^{m},85$) que celui de notre équatorial de 162^{mm}, on ne peut opérer pendant plus de 20 à 30 secondes. Aussi avons-nous équipé notre appareil en micromètre à enregistrement automatique; l'observation consiste alors simplement à imprimer à la vis un mouvement continu (une manivelle, équilibrée par un contrepoids, peut s'adapter à cet effet à la tête de la vis) de façon à bissecter constamment l'étoile par le bord lunaire.

Il faut naturellement *voir* le bord; en ceci, la méthode par double image est assez exactement complémentaire de la méthode photoélectrique, qui, au contraire, s'accommode assez mal de la présence de ce bord. Remarquons que les deux images sont polarisées à angle droit, ce qui permet au moyen d'un analyseur d'affaiblir à volonté celle du bord lunaire, tout en conservant pratiquement intact l'éclat de l'étoile.

Dans le cas des immersions, émersions et passages des satellites de Jupiter, on dispose de tout le temps nécessaire et le recours à l'enregistrement est inutile; il est simplement commode de toper les instants des contacts sur un chronographe. Il est indispensable, malgré la lenteur du mouvement relatif, de dicter les lectures à un aide. Une mesure comporte en effet un minimum de quatre pointés, car il faut faire intervenir les deux bords du satellite, et croiser les pointés pour éliminer la dérive due à son mouvement. En fait, nous opérons par pointés doubles et chaque mesure en groupe 8. Dans ces conditions, on obtient sans peine de 20 à 30 mesures complètes au cours du temps disponible; il est raisonnable de ne pas suivre le satellite à plus de 5 à 10″ du bord de la planète. Lorsqu'il s'en trouve très près, son bord le plus rapproché de cette dernière devient difficile à pointer; on se contente alors d'utiliser l'autre, les observations complètes fournissant la réduction au centre, exempte de la dérive.

La précision du résultat dépend surtout de l'état des images. Nos

meilleures droites de récurrence le donnent à quelques secondes près. Avec un instrument plus grand et en revenant à l'enregistrement automatique (suivant une technique spéciale d'accompagnement alterné sur les deux bords), on peut probablement espérer mieux. On se souviendra, pour apprécier à sa juste valeur un résultat de ce genre, que le satellite ne parcourt, en moyenne, que 0",2 à 0",3 *par minute*. Des observations faites aux environs de l'opposition (nos essais se placent à l'époque de la quadrature) devraient fournir au moins une valeur précise du diamètre de Jupiter.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la répartition spectrale de l'énergie au centre du disque solaire entre* 6700 *et* 23 000 Å. Note (*) de M. **Roger Peyturaux**, présentée par M. André Danjon.

Dans une Note présentée l'an dernier ([1]) nous avons montré l'urgence de nouvelles mesures de $I_\lambda(O)$ pour tenter de confirmer ou d'infirmer le désaccord entre la théorie et l'observation en ce qui concerne la position dans le spectre du minimum d'absorption.

Une première série de mesures a été effectuée l'été dernier à l'Observatoire de Haute-Provence. Le principe de la méthode utilisée est le suivant. Nous comparons au Soleil une lampe qui a été préalablement comparée à un corps noir. Nous avons employé une lampe Philips à ruban de tungstène alimentée par accumulateur. La constance du courant était contrôlée à l'aide d'un potentiomètre. Pour tenir compte des variations de la lampe dans le temps par vieillissement, nous avons employé trois lampes : la première est comparée à la seconde au début et à la fin des mesures, la seconde est comparée à la troisième plusieurs fois pendant les mesures, la troisième est comparée au Soleil. Le récepteur était une cellule au PbS. Pour rendre les énergies comparables, nous avons affaibli le rayonnement solaire à l'aide de diaphragmes et de filtres étalonnés. Nous avons déterminé chaque jour l'absorption atmosphérique en utilisant la méthode de Bouguer. Enfin, nous avons mesuré le facteur de réflexion des miroirs du sidérostat.

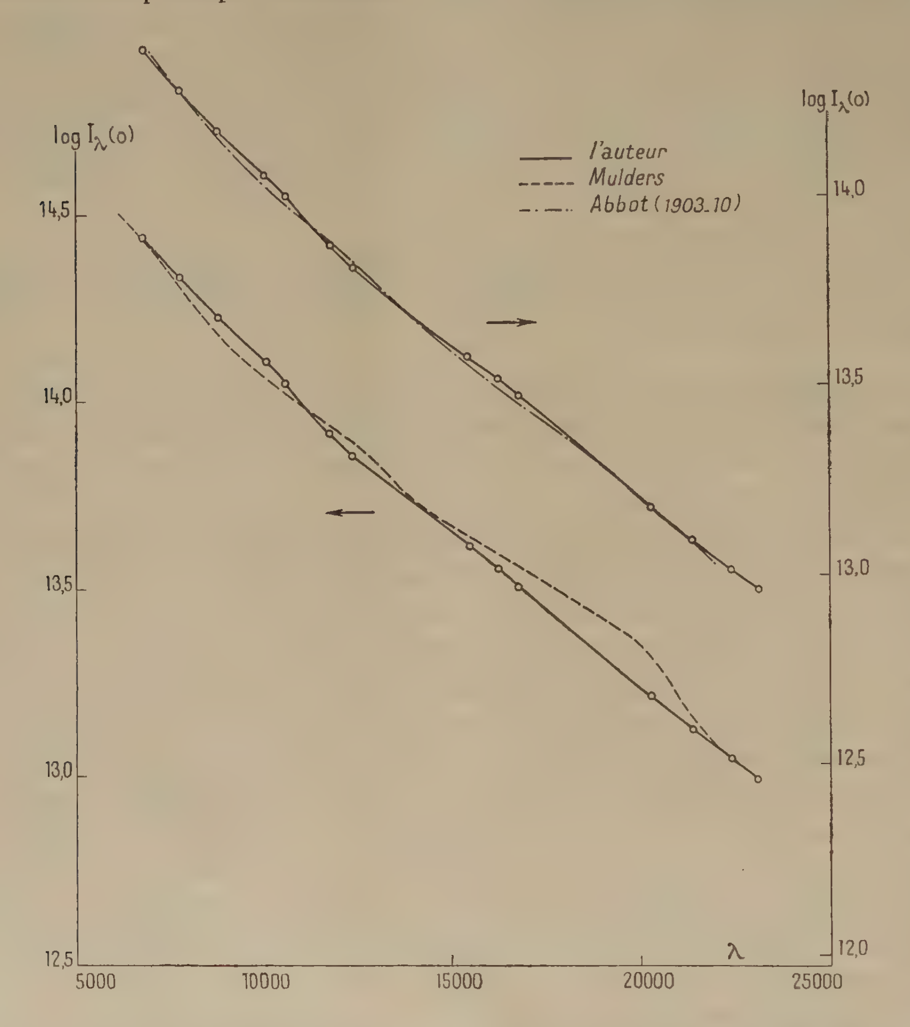
La comparaison de la première lampe au corps noir a été effectuée au Laboratoire des Hautes températures.

Les résultats sont représentés sur la figure 1, où nous avons porté en ordonnée $\log I_\lambda(O)$. Cette courbe est définie à une translation près par nos mesures. Nous avons placé en même temps la courbe $\log I_\lambda(O)$ due à Mulders. Nous constatons un désaccord considérable entre $1^\mu,5$ et 2^μ. Pour transformer nos résultats en unités absolues, nous avons cherché par une translation convenable à faire coïncider au mieux les régions $0^\mu,7 - 1^\mu,5$ et $2^\mu,2 - 2^\mu,3$.

(*) Séance du 19 février 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 517.

Afin de comparer notre courbe à d'autres résultats, nous avons appliqué aux premiers résultats d'Abbot (1903-1910) la même correction que Mulders et nous avons déplacé par translation notre courbe comme précédemment. Nous



constatons que l'accord est bien meilleur, seulement il en résulte une incertitude pour passer en unités absolues. Nous conserverons cependant les premières valeurs qui coïncident beaucoup mieux que les secondes avec les résultats semi-théoriques de De Jager que celui-ci nous a communiqués avant publication.

L'interprétation de ces nouvelles données d'observation est en cours.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur l'équilibre de la zone convective des atmosphères des étoiles*. Note de Mme **Charlotte Pecker**, présentée par M. André Danjon.

1. Dans l'atmosphère des étoiles existe une couche radiative superficielle surmontant une couche convective plus profonde où il y a un incessant mouve-

ment de matière (courants de convection). Le transport de l'énergie s'y fait par convection et par rayonnement. Pour résoudre plus facilement l'équation de transfert de cette énergie on est amené à faire deux hypothèses extrêmes : ou bien la convection est négligeable et le transport de l'énergie se fait uniquement par rayonnement (atmosphère entièrement en équilibre radiatif), ou bien les courants de convection sont très importants et l'on peut supposer que l'équilibre adiabatique est approximativement réalisé.

2. Mais si l'on veut superposer une zone convective en équilibre adiabatique et une zone radiative d'épaisseur τ_0, l'équilibre radiatif se trouve modifié. Le flux zone radiative est

$$F(\tau) = 2\int_{\tau}^{\infty} B(t)K_2(t-\tau)\,dt - 2\int_{0}^{\tau} B(t)K_2(\tau-t)\,dt$$

et se trouve influencé si $\tau > \tau_1$ par la présence de la zone convective. Cayrel [1] a récemment montré que la zone convective ne peut être en équilibre adiabatique que si au voisinage de la zone radiative, les deux gradients, radiatif et adiabatique, sont très voisins. Il faut alors que dans le plan B, $dB/d\tau$, la quantité $(1/B)(dB/d\tau)$ soit sensiblement constante au voisinage du point de raccordement, la constante dépendant de la profondeur optique τ_0.

Cette condition peut encore s'exprimer en annulant

$$(1) \qquad \frac{d}{dB}\left(\frac{dB}{d\tau}\right) = 0,$$

ce qui donne le lieu des points où un raccord est possible; (1) a été calculée à l'aide des relations

$$B = \frac{\sigma}{\pi}T^4 \qquad \text{et} \qquad d\tau = \frac{x\,dP}{g},$$

on a alors

$$\frac{d}{dB}\left(\frac{dB}{d\tau}\right) = \frac{g}{xP}\left[\frac{d\log\frac{\gamma-1}{\gamma}}{d\log P} - \frac{d\log x}{d\log P} + 4\frac{\gamma-1}{\gamma} - 1\right],$$

$(\gamma-1)/\gamma$ étant le gradient adiabatique $(d\log T/d\log P)_A$ qui a été tabulé en fonction de $\log P_e$ et de $\log T$.

$d\log[(\gamma-1)/\gamma]$ et $d\log x$ ont été calculés en prenant les différences tabulaires par rapport à $\log P_e$ et $\log T$.

Les valeurs de la quantité entre crochets ont été tabulées ci-dessous (tableau I) en supposant l'atmosphère uniquement constituée d'hydrogène.

---

(1) *Annales d'Astrophysique* (sous presse).

TABLEAU I.

$\log T$. $\log P_e$....	2.	2,5.	3.	3,5.
3,95	−1,643	−1,641	−1,955	−2,629
4,00	−1,255	−1,298	−1,357	−1,741
4,05	+0,700	−0,574	−1,122	−1,388
4,10	+2,325	+1,590	+0,290	−0,746
4,15	–	+2,336	+2,129	−1,213

Par conséquent $d[dB/d\tau]/dB$ peut s'annuler le long d'une ligne du plan $\log P_e$, $\log T$ et au voisinage de cette ligne le raccordement est possible.

Ces calculs ont été également faits pour une atmosphère constituée d'hydrogène et de métaux (le rapport hydrogène-métal étant $\log A = 3.8$), l'allure du tableau n'était pas sensiblement modifiée.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Remarques sur les fonctions aléatoires stationnaires laplaciennes.* Note (*) de M. **ANDRÉ BLANC-LAPIERRE**, présentée par M. Louis de Broglie.

On précise quelques propriétés des fonctions aléatoires stationnaires laplaciennes. On donne un théorème utile dans l'étude de la polarisation de la lumière.

1. *Définitions et hypothèses.* — Soient $X_j(t)[j = 1, 2, \ldots, K]$ K fonctions aléatoires complexes $\Big($A étant complexe, nous appellerons A' sa partie réelle, iA'' sa partie imaginaire et $\underset{-(\varepsilon)}{A}$ un nombre complexe égal à A pour $\varepsilon = +1$ et au conjugué A^* pour $\varepsilon = -1\Big)$. Soient $t^l (l = 1, 2, \ldots, N)$ N valeurs arbitraires. On dira que les K fonctions X_j forment un *système laplacien* si, quels que soient N et les t^l, les 2 KN variables aléatoires $X'_j(t^l)$ et $X''_j(t^l)$ obéissent à une loi de Laplace-Gauss dans leur ensemble ([1]).

Si les K fonctions X_j sont totalement stationnaires d'ordre deux ([2]), elles sont totalement stationnaires de tous ordres ([2]) et strictement stationnaires. Nous dirons alors que le système est *stationnaire laplacien*.

On supposera que $E\{X_j(t)\}$ est nul et que l'on peut écrire ([3]) :

$$(1) \qquad X_j(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{2\pi i\nu t}\, dx_j(\nu), \qquad \text{avec} \quad \iint \Big| E\Big\{ \underset{-(\varepsilon_1)}{dx_j(\nu_1)}\, \underset{-(\varepsilon_2)}{dx_m(\nu_2)} \Big\} \Big| < C$$

(*) Séance du 26 février 1951.

([1]) A. BLANC-LAPIERRE, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 378.

([2]) A. BLANC-LAPIERRE, *Revue scientifique*, 1947, p. 1027.

([3]) M. LOÈVE, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 295 et 380.

la condition de convergence absolue contenue dans (1) valant pour j, m, ε_1, ε_2 quelconques (E désigne l'espérance mathématique).

2. Théorèmes. — 1° *Si* $X_j(t) \mid j = 1, \ldots, k \mid$ *est un système laplacien, il en est de même de* $\mathcal{F}_1[X_1(t)], \ldots, \mathcal{F}_k[X_k(t)]$ *où* $\mathcal{F}_1, \ldots, \mathcal{F}_k$ *sont des filtres linéaires quelconques* (2) (4).

2° *Des accroissements quelconques, en nombre fini quelconque des* $x_j(\nu)$ *et des* $x_j^*(\nu)$ *sont laplaciens.*

3° *Si* $X_j(t) \mid j = 1, \ldots, k \mid$ *est un système stationnaire laplacien, il en est de même de* $\mathcal{F}_1[X_1(t)], \ldots, \mathcal{F}_k[X_k(t)]$.

3. *Analyse harmonique d'une fonction stationnaire laplacienne.* — Soit $X(t)$ une fonction aléatoire stationnaire laplacienne.

Théorème. — *Le caractère stationnaire entraîne les relations suivantes :*

$$(2)\qquad E\{dx(\nu)\} \equiv 0; \quad E\{\underset{(\varepsilon_1)}{dx}(\nu_1)\,\underset{(\varepsilon_2)}{dx}(\nu_2)\} \equiv 0 \quad \text{sauf si} \quad \varepsilon_1\nu_1 + \varepsilon_2\nu_2 = 0.$$

Conséquences. — 1° Si $|\nu_1| \neq |\nu_2|$, $dx'(\nu_1)$, $dx''(\nu_1)$, $dx'(\nu_2)$, $dx''(\nu_2)$ sont quatre variables laplaciennes indépendantes.

2° Si $\nu_1 = -\nu_2 = \mu > 0$, posons

$$(3)\qquad dx_+(\mu) = x(\mu + d\mu) - x(\mu); \qquad dx_-(\mu) = x(-\mu) - x(-\mu - d\mu);$$

$$(4)\qquad dF_+(\mu) = E\{|dx_+(\mu)|^2\}; \qquad dF_-(\mu) = E\{|dx_-(\mu)|^2\};$$

$$(5)\qquad dV(\mu) = E\{dx_+(\mu)\,dx_-(\mu)\}.$$

Les quatre variables $dx'_+(\mu)$, $dx''_+(\mu)$, $dx'_-(\mu)$, $dx''_-(\mu)$ sont laplaciennes; le tableau de leurs corrélations est le suivant :

	$dx'_+(\mu)$	$dx''_+(\mu)$	$dx'_-(\mu)$	$dx''_-(\mu)$
$dx'_+(\mu)$	$\frac{1}{2}dF_+(\mu)$	0	$\frac{1}{2}dV'(\mu)$	$\frac{1}{2}dV''(\mu)$
$dx''_+(\mu)$	0	$\frac{1}{2}dF_+(\mu)$	$\frac{1}{2}dV''(\mu)$	$-\frac{1}{2}dV'(\mu)$
$dx'_-(\mu)$	$\frac{1}{2}dV'(\mu)$	$\frac{1}{2}dV''(\mu)$	$\frac{1}{2}dF_-(\mu)$	0
$dx''_-(\mu)$	$\frac{1}{2}dV''(\mu)$	$-\frac{1}{2}dV'(\mu)$	0	$\frac{1}{2}dF_-(\mu)$

4. *Définitions.* — Nous dirons que la composante monochromatique

$$(6)\qquad dz(\mu, t) = dx_+(\mu)\,e^{2\pi i\mu t} + dx_-(\mu)\,e^{-2\pi i\mu t}$$

est du *type non polarisé* si l'on a

$$(7)\qquad dF_+(\mu) = dF_-(\mu) \quad \text{et} \quad dV(\mu) = 0.$$

Nous dirons que cette composante monochromatique est *polarisée elliptiquement* si les ellipses décrites, dans le plan complexe, lorsque t varie, par l'image de $dz(\mu, t)$ ont toutes même excentricité, même sens, et même direc-

(4) A. Blanc-Lapierre et R. Fortet, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 467 et 713.

tion de grand axe (sauf peut-être sur un ensemble d'épreuves correspondant à une probabilité totale nulle).

5. Théorème. — 1° *La condition nécessaire et suffisante pour qu'une vibration soit polarisée elliptiquement est que l'on ait*

$$|dV|^2 = dF_+(\mu)\, dF_-(\mu). \tag{8}$$

2° *Pour chaque valeur de* μ, $dz(\mu, t)$ *peut être, et d'une seule façon, considéré comme la somme de deux composantes* dz_1 *et* dz_2 *laplaciennes indépendantes dont l'une est polarisée elliptiquement et l'autre est du type non polarisé* [5].

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la connexion des espaces affines.* Note de Mme **Judith Winogradzki**, présentée par M. Louis de Broglie.

Si l'on admet que le transport parallèle généralisé commute avec l'addition, les coefficients de connexion sont définis par deux grandeurs à trois indices se transformant l'une comme un symbole de Christoffel de deuxième espèce, l'autre comme son opposé, et par des tenseurs dont la structure est donnée. Ces tenseurs sont nuls si l'on admet que le transport parallèle généralisé commute de plus avec la multiplication.

1. Dans l'espace amorphe, simple ensemble des valeurs de n variables x^i continues et indépendantes, on ne peut affirmer l'égalité ou l'inégalité de deux tenseurs, à moins qu'ils ne soient attachés à un même point [1], car l'égalité numérique des composantes ne résiste pas, en général, aux changements de coordonnées. Pour construire un espace connexe, c'est-à-dire un espace où l'on peut comparer des tenseurs attachés à des points infiniment voisins, il faut donner une structure à l'espace amorphe originel en lui adjoignant une famille de fonctions $f^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$ des x^i, dx^k et de tenseurs attachés au point x^i, et données pour toutes les valeurs entières positives ou nulles de r et de s. Lors d'un changement de coordonnées on transformera les $f^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$ comme des tenseurs attachés au point $x^i + dx^i$. On dira qu'un tenseur $\overline{\overline{T}}{}^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$ attaché au point $x^i + dx^i$, est « télé-égal » au tenseur $T^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$ attaché au point x^i, si

$$\overline{\overline{T}}{}^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s} = f^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}(T^{\gamma_1\ldots\gamma_r}_{\delta_1\ldots\delta_s}, x^i, dx^k). \tag{1}$$

La télé-égalité, généralisation de l'égalité, doit comprendre celle-ci; les fonctions $f^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$ ne sont donc pas tout à fait quelconques, mais doivent vérifier les

---

(5) Dans son important travail sur l'analyse harmonique généralisée, M. Norbert Wiener indique des résultats qui, bien que présentés sous une forme différente, sont très voisins de ceux contenus dans ce théorème (*Acta mathematica*, 55, 1930, p. 117).

(1) H. Weyl, *Math., Z.* 2, 1918, p. 389-395; A. Einstein, *Ann. Physik*, 49, 1916, p. 765.

équations

$$f^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}(T^{\gamma_1\ldots\gamma_r}_{\delta_1\ldots\delta_s}, x^i, 0) = T^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s} \tag{2}$$

d'où, en négligeant les infiniment petits d'ordre supérieur,

$$f^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s} = T^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s} + g^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s\varepsilon}\, dx^\varepsilon, \tag{3}$$

les $g^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s\varepsilon}$ étant des fonctions des $T^{\gamma_1\ldots\gamma_r}_{\delta_1\ldots\delta_s}$ et des x^i.

La télé-égalité ainsi définie possède bien les deux propriétés essentielles de l'égalité :

1° Si $\overline{\overline{T}}{}^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$ est télé-égal à $T^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$, $T^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$ est télé-égal à $\overline{\overline{T}}{}^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$.

2° Si $\overline{\overline{T}}{}^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$ et $\overline{\overline{T}}{}'^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$ (points d'attache distincts ou confondus) sont télé-égaux à $T^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$, ils sont télé-égaux entre eux.

La construction en un point $x^i + dx^i$ du tenseur télé-égal à un tenseur $T^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$, attaché au point x^i, est une généralisation du transport parallèle du tenseur $T^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$ du point x^i au point $x^i + dx^i$. Pour que ce transport parallèle généralisé conserve la forme des équations tensorielles, il faut admettre sa commutativité avec l'addition, la multiplication et la contraction. Il se réduit alors au transport parallèle classique.

2. Admettons la commutativité du transport parallèle généralisé avec l'addition. Cette hypothèse précise la structure des fonctions $g^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s\varepsilon}$:

$$g^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s\varepsilon} = -\Gamma^{\alpha_1\ldots\alpha_r\delta_1\ldots\delta_s}_{\beta_1\ldots\beta_s\gamma_1\ldots\gamma_r\varepsilon}\, T^{\gamma_1\ldots\gamma_r}_{\delta_1\ldots\delta_s} \tag{4}$$

les $\Gamma^{\alpha_1\ldots\alpha_r\delta_1\ldots\delta_s}_{\beta_1\ldots\beta_s\gamma_1\ldots\gamma_r\varepsilon}$ étant des fonctions des x^i.

La loi de transformation des $\Gamma^{\alpha_1\ldots\alpha_r\delta_1\ldots\delta_s}_{\beta_1\ldots\beta_s\gamma_1\ldots\gamma_r\varepsilon}$ est

$$\begin{aligned}\Gamma^{\alpha_1\ldots\alpha_r\delta_1\ldots\delta_s}_{\beta_1\ldots\beta_s\gamma_1\ldots\gamma_r\varepsilon} = {} & \left(\prod_{i=1}^{r} a^{\alpha_i}_{\mu_i}\right)\left(\prod_{i=1}^{s} b^{\nu_i}_{\beta_i}\right)\left(\prod_{i=1}^{r} b^{\omega_i}_{\gamma_i}\right)\left(\prod_{i=1}^{s} a^{\delta_i}_{\pi_i}\right) b^{\rho}_{\varepsilon}\, \Gamma'^{\mu_1\ldots\mu_r\pi_1\ldots\pi_s}_{\nu_1\ldots\nu_s\omega_1\ldots\omega_r\rho} \\ & -\left(\prod_{i=1}^{s} \delta^{\delta_i}_{\beta_i}\right)\sum_{i=1}^{r}\left[\left(\prod_{k=1}^{i-1} \delta^{\alpha_k}_{\gamma_k}\right) a^{\alpha_i}_{\mu\nu}\, b^{\mu}_{\gamma_i}\, b^{\nu}_{\varepsilon}\left(\prod_{k=i+1}^{r} \delta^{\alpha_k}_{\gamma_k}\right)\right] \\ & +\left(\prod_{i=1}^{r} \delta^{\alpha_i}_{\gamma_i}\right)\sum_{i=1}^{s}\left[\left(\prod_{k=1}^{i-1} \delta^{\delta_k}_{\beta_k}\right) a^{\delta_i}_{\mu\nu}\, b^{\mu}_{\beta_i}\, b^{\nu}_{\varepsilon}\left(\prod_{k=i+1}^{s} \delta^{\delta_k}_{\beta_k}\right)\right]\end{aligned} \tag{5}$$

où

$$a^i_k = \frac{\partial x^i}{\partial x'^k}, \qquad a^i_{km} = \frac{\partial^2 x^i}{\partial x'^k\, \partial x'^m}, \qquad b^i_k = \frac{\partial x'^i}{\partial x^k}, \qquad \delta^i_k = \begin{cases} 1 & \text{si } i = k, \\ 0 & \text{si } i \neq k. \end{cases}$$

En particulier

$$\Gamma^{\alpha}{}_{\gamma\varepsilon} = a^{\alpha}_{\mu}\, b^{\omega}_{\gamma}\, b^{\rho}_{\varepsilon}\, \Gamma'^{\mu}{}_{\omega\rho} - a^{\alpha}_{\mu\nu}\, b^{\mu}_{\gamma}\, b^{\nu}_{\varepsilon}, \tag{6}$$

$$\Gamma_{\beta}{}^{\delta}{}_{\varepsilon} = b^{\nu}_{\beta}\, a^{\delta}_{\pi}\, b^{\rho}_{\varepsilon}\, \Gamma'_{\nu}{}^{\pi}{}_{\rho} + a^{\delta}_{\mu\nu}\, b^{\mu}_{\beta}\, b^{\nu}_{\varepsilon}, \tag{7}$$

Les $\Gamma^{\alpha}{}_{\gamma\varepsilon}$ et $-\Gamma_{\beta}{}^{\delta}{}_{\varepsilon}$ se transforment donc comme le symbole de Christoffel de

seconde espèce. Posons

$$(8)\qquad \begin{aligned} A^{\alpha_1\ldots\alpha_r\delta_1\ldots\delta_s}_{\beta_1\ldots\beta_s\gamma_1\ldots\gamma_r\varepsilon} = \Gamma^{\alpha_1\ldots\alpha_r\delta_1\ldots\delta_s}_{\beta_1\ldots\beta_s\gamma_1\ldots\gamma_r\varepsilon} & -\left(\prod_{i=1}^{s}\delta^{\delta_i}_{\beta_i}\right)\sum_{i=1}^{r}\left[\left(\prod_{k=1}^{i-1}\delta^{\alpha_k}_{\gamma_k}\right)\Gamma^{\alpha_i}{}_{\gamma_i\varepsilon}\left(\prod_{k=i+1}^{r}\delta^{\alpha_k}_{\gamma_k}\right)\right] \\ & -\left(\prod_{i=1}^{r}\delta^{\alpha_i}_{\gamma_i}\right)\sum_{i=1}^{s}\left[\left(\prod_{k=1}^{i-1}\delta^{\delta_k}_{\beta_k}\right)\boldsymbol{\Gamma}_{\beta_i}{}^{\delta_i}{}_{\varepsilon}\left(\prod_{k=i+1}^{s}\delta^{\delta_k}_{\beta_k}\right)\right]. \end{aligned}$$

Les $A^{\alpha_1\ldots\alpha_r\delta_1\ldots\delta_s}_{\beta_1\ldots\beta_s\gamma_1\ldots\gamma_r\varepsilon}$ sont des *tenseurs*. En particulier $A_\varepsilon = \Gamma_\varepsilon$, $A^{\alpha}{}_{\gamma\varepsilon} = 0$, $A_{\beta}{}^{\delta}{}_{\varepsilon} = 0$.

La connexion est donc définie par $\Gamma^{\alpha}{}_{\gamma\varepsilon}$ et $-\boldsymbol{\Gamma}_{\beta}{}^{\delta}{}_{\varepsilon}$ se transformant comme le symbole de Christoffel de seconde espèce, et des tenseurs.

Remarquons que dans de tels espaces les tenseurs nuls sont télé-égaux entre eux.

3. Admettons de plus la commutativité du transport parallèle généralisé avec la multiplication. Cette hypothèse supplémentaire permet de calculer tous les $\Gamma^{\alpha_1\ldots\alpha_r\delta_1\ldots\delta_s}_{\beta_1\ldots\beta_s\gamma_1\ldots\gamma_r\varepsilon}$ à partir de $\Gamma^{\alpha}{}_{\gamma\varepsilon}$ et $\boldsymbol{\Gamma}_{\beta}{}^{\delta}{}_{\varepsilon}$. En effet :

$$(9)\qquad A^{\alpha_1\ldots\alpha_r\delta_1\ldots\delta_s}_{\beta_1\ldots\beta_s\gamma_1\ldots\gamma_r\varepsilon} = 0,$$

d'où

$$(10)\qquad \begin{aligned} \Gamma^{\alpha_1\ldots\alpha_r\delta_1\ldots\delta_s}_{\beta_1\ldots\beta_s\gamma_1\ldots\gamma_r\varepsilon} = & \left(\prod_{i=1}^{s}\delta^{\delta_i}_{\beta_i}\right)\sum_{i=1}^{r}\left[\left(\prod_{k=1}^{i-1}\delta^{\alpha_k}_{\gamma_k}\right)\Gamma^{\alpha_i}{}_{\gamma_i\varepsilon}\left(\prod_{k=i+1}^{r}\delta^{\alpha_k}_{\gamma_k}\right)\right] \\ & + \left(\prod_{i=1}^{r}\delta^{\alpha_i}_{\gamma_i}\right)\sum_{i=1}^{s}\left[\left(\prod_{k=1}^{i-1}\delta^{\delta_k}_{\beta_k}\right)\boldsymbol{\Gamma}_{\beta_i}{}^{\delta_i}{}_{\varepsilon}\left(\prod_{k=i+1}^{s}\delta^{\delta_k}_{\beta_k}\right)\right]. \end{aligned}$$

La connexion est donc définie par $\Gamma^{\alpha}{}_{\gamma\varepsilon}$ et $\boldsymbol{\Gamma}_{\beta}{}^{\delta}{}_{\varepsilon}$.

4. Si l'on admet de plus la commutativité du transport parallèle généralisé avec la contraction,

$$(11)\qquad \Gamma^{\alpha}{}_{\gamma\varepsilon} + \boldsymbol{\Gamma}_{\gamma}{}^{\alpha}{}_{\varepsilon} = 0,$$

la connexion est définie par $\Gamma^{\alpha}{}_{\gamma\varepsilon}$ et l'équation (1) devient l'équation classique du transport parallèle.

RELATIVITÉ. — *Sur une théorie de la « relativité conforme ».*

Note de M. **Richard Ingraham**, présentée par M. Joseph Pérès.

Une théorie unitaire de la gravitation, de l'électromagnétisme, et du méson qui se réduit à la relativité ordinaire et à la relativité projective comme cas particuliers est construite dans le cadre de la géométrie conforme. Comme on a adopté les transformations conformes non holonomes de O. Veblen et s'est tenu aux quatre coordonnées d'espace-temps, la dérivation covariante a dû être généralisée et les tenseurs de courbure apparaissent comme tenseurs-opérateurs.

Je donne ici le résumé d'une « relativité conforme », c'est-à-dire d'une

théorie covariante vis-à-vis du groupe conforme complet; elle sera publiée en plus grand détail ailleurs.

Considérons deux espaces d'objets géométriques, caractérisés par leurs coefficients de transformation (en général) non holonomes U^{ρ}_{σ}, V^{ρ}_{σ} et B^{B}_{Λ}, A^{B}_{A} (¹) ainsi que les tenseurs (²) dans chaque espace et entre les deux, soit par exemple (³)

$$(1)\qquad t'^{\rho}=t^{\sigma}V^{\rho}_{\sigma},\qquad v'_{\rho}=v_{\sigma}U^{\sigma}_{\rho},\qquad t'^{\Lambda}=t^{B}A^{\Lambda}_{B},\qquad v'_{\Lambda}=v_{B}B^{B}_{\Lambda},\qquad t'^{\rho}_{\Lambda}=t^{\pi}_{B}V^{\rho}_{\pi}B^{B}_{\Lambda},\qquad \ldots$$

On peut introduire une dérivation covariante vis-à-vis des U^{ρ}_{σ}, V^{ρ}_{σ} si l'on emploie un opérateur linéaire différentiel au lieu de la dérivée ordinaire, par exemple pour le tenseur mixte t^{ρ}_{Λ}

$$(2)\qquad t^{\rho}_{A;\nu}\equiv X_{\nu}.\,t^{\rho}_{A}+t^{\lambda}_{A}\Gamma^{\rho}{}_{\lambda\nu}-t^{\rho}_{B}L^{B}{}_{A\nu},\qquad X_{\nu}\equiv D^{M}_{\nu}\,\partial_{m};$$

où ces connexions et D^{M}_{ν} se transforment conformément aux formules

$$(3)\qquad L'^{B}{}_{A\nu}=L^{C}{}_{D\lambda}A^{B}_{C}B^{D}_{A}U^{\lambda}_{\nu}+A^{B}_{C}X'_{\nu}.B^{C}_{A},\qquad \Gamma'^{\rho}{}_{\lambda\nu}=\Gamma^{\tau}{}_{\pi\xi}.U^{\pi}_{\lambda}U^{\xi}_{\nu}V^{\rho}_{\tau}+V^{\rho}_{\tau}X'_{\nu}.U^{\tau}_{\lambda}.$$
$$D'^{M}_{\nu}=D^{N}_{\pi}U^{\pi}_{\nu}\frac{\partial x'^{m}}{\partial x^{n}}.$$

Puis, on peut définir (⁴) le tenseur-*opérateur* de Riemann agissant sur t^{ξ}_{Λ}

$$(4)\qquad \left[\delta^{B}_{A}R^{\mu}{}_{\lambda\xi\rho}+\delta^{B}_{A}\delta^{\mu}_{\lambda}(X_{\xi},X_{\rho}).+2\,\delta^{B}_{A}\delta^{\mu}_{\lambda}\Gamma^{\nu}{}_{\underset{\vee}{\xi\rho}}X_{;\nu}-\delta^{\mu}_{\lambda}T^{B}{}_{A\xi\rho}\right]t^{\lambda}_{B}=t^{\mu}_{A;\xi\rho}-t^{\mu}_{A;\rho\xi},$$

où

$$(5)\qquad \begin{cases} R^{\mu}{}_{\lambda\xi\rho}\equiv X_{\xi}.\Gamma^{\mu}{}_{\lambda\rho}-X_{\rho}.\Gamma^{\mu}{}_{\lambda\xi}+\Gamma^{\mu}{}_{\tau\xi}\Gamma^{\tau}{}_{\lambda\rho}-\Gamma^{\mu}{}_{\tau\rho}\Gamma^{\tau}{}_{\lambda\xi}, \qquad X_{;\nu}t^{\lambda}_{B}\equiv t^{\lambda}_{B;\nu};\\ T^{B}{}_{A\xi\rho}\equiv X_{\xi}.L^{B}{}_{A\rho}-X_{\rho}.L^{B}{}_{A\xi}+L^{B}{}_{C\xi}L^{C}{}_{A\rho}-L^{B}{}_{C\rho}L^{C}{}_{A\xi};\\ (X_{\xi},X_{\rho})\equiv(X_{\xi}.D^{M}_{\rho}-X_{\rho}.D^{M}_{\xi})\,\partial_{m}.\end{cases}$$

On voit que les opérateurs de courbure dans chaque espace, en tant que cas particuliers (⁵), s'obtiennent à partir de l'expression (4).

Si nous supposons maintenant l'existence d'un tenseur symétrique fondamental h_{AB} dans le second espace, on peut former un invariant avec le premier membre de (4) en contractant en μ, ρ et multipliant à gauche par $h^{AC}t^{\xi}_{C}$. On impose la condition :

$$(6)\qquad \delta\int\left[h^{AB}t^{\xi}_{A}t^{\lambda}_{B}R^{\mu}{}_{\lambda\xi\mu}+h^{AB}t^{\xi}_{B}(X_{\xi},X_{\lambda}).t^{\lambda}_{A}+2h^{AB}t^{\xi}_{B}\Gamma^{\nu}_{\underset{\vee}{\xi\lambda}}t^{\lambda}_{A;\nu}-h^{AC}t^{\xi}_{C}t^{\lambda}_{B}T^{B}{}_{A\xi\lambda}\right]\sqrt{g}\,(dx)=0,$$
$$g\equiv \mathrm{Det}\,g_{mn}\quad (g_{mn}\text{ métrique relativiste}),\qquad (dx)\equiv dx^{1}dx^{2}dx^{3}dx^{4},$$

(¹) $\rho,\sigma,\tau\ldots=0,1,\ldots N-1$; $\Lambda, B, C,\ldots=0,1,\ldots M-1\leq N-1$; $m,n,p,q,\ldots=1,\ldots 4$.

(²) Tous les objets géométriques et les coefficients de transformation U^{τ}_{σ}, A^{B}_{A}, ..., sont uniquement des fonctions des x^{p}, $p=1,\ldots 4$, coordonnées de la relativité générale.

(³) Les transformations U, V et A, B peuvent être indépendantes ou U, V peut induire une transformation correspondante A, B.

(⁴) Le signe — ou $\vee$ sous deux indices désignera soit la partie symétrique soit la partie antisymétrique.

(⁵) A remarquer que $R^{\lambda}{}_{\mu\rho\xi}$ et $T^{\Lambda}{}_{B\rho\xi}$ ne sont point des tenseurs en général, et (X_{ρ}, X_{ξ}) n'est pas un tenseur-opérateur.

lorsque les connexions $L^{A}{}_{B\rho}$ et $\Gamma^{\mu}{}_{\rho\xi}$ sont variées [6]. J'obtiens, par un formalisme de Palatini généralisé,

$$(7)\quad a.\quad \text{Pour } L^{A}{}_{B\rho} : \left(h^{BC} t^{\xi}_{C} t^{\rho}_{A}\right)_{\overset{\star}{;\xi}} = 0; \qquad b.\quad \text{Pour } \Gamma^{\lambda}{}_{\rho\xi} : (h^{AB} t^{\rho}_{A}) t^{\xi}_{B\overset{\star}{;}\lambda} + t^{\rho}_{A}(h^{AB} t^{\xi}_{B})_{\overset{\star}{;}\lambda} = 0,$$

où

$$\overset{\star}{\Gamma}{}^{\mu}{}_{\rho\xi} \equiv \overset{\star}{\Gamma}{}^{\mu}{}_{\rho\xi} + \frac{1}{2}\delta^{\mu}_{\rho} H_{\xi}, \qquad {}^{\star}L^{A}{}_{B\xi} \equiv L^{A}{}_{B\xi},$$

et

$$H_{\xi} \equiv \frac{1}{\sqrt{g}}\partial_m(D^{M}_{\xi}\sqrt{g}) - \Gamma^{\lambda}_{\xi\lambda}$$

un vecteur conforme.

Si nous supposons maintenant que les deux espaces ont la même dimension en tant qu'espaces vectoriels, c'est-à-dire que $M = N$, et t^{ρ}_{A} sont linéairement indépendants, d'où $\mathrm{Det}\,(t^{\rho}_{A}) \neq 0$, on trouve que (7) détermine les Γ, mais seulement $[N^2(n+1)/2]$ des L; $N^3 - [N^2(N+1)/2]$ des L restent arbitraires. Si l'on exige en particulier que $h_{AB\overset{\star}{;}\lambda} = 0$, (7 *b*) exige $t^{\xi}_{A\overset{\star}{;}\lambda} = 0$ [7] et (7 *a*) est impliqué par ces deux équations; alors ce sont les $L_{\underset{\vee}{BA}\rho}$ [8] qui restent arbitraires.

Si t^{λ}_{ρ} sont les cofacteurs normalisés, on introduit un tenseur symétrique fondamental $S_{\rho\tau}$ dans le premier espace en exigeant que $t_{\rho}{}^{\lambda} = S_{\rho\tau} t^{\tau\lambda}$; il s'ensuit que les $t^{\rho}_{\lambda} \equiv e^{\rho}_{\lambda}$ deviennent maintenant un ennuple orthogonal unitaire dans chaque espace par rapport à $S_{\rho\tau}$ et h_{AB}.

THÉORIE PHYSIQUE. — *Sur la production des mésons* Π^+ *dans les collisions proton-proton* (*cas de la création du deutéron*). Note de M. **Jacques Prentki**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les résultats expérimentaux de Berkeley [1], [2] sur la création des mésons π^+ dans les collisions $p - p$ indiquent l'existence d'un maximum très prononcé qui se situe tout à fait vers la fin du spectre continu des mésons émis. Quand on considère les nucléons de l'état final comme libres, il est difficile d'expliquer un tel maximum par les théories mésiques courantes. Il a donc été suggéré [1], [2] que le proton et le neutron final interagissent pour former

---

(6) A remarquer que les termes sous le signe $\int$ ne sont point des invariants individuels. Ici on suppose les conditions habituelles aux limites.

(7) On peut interpréter $t^{\xi}_{A\overset{\star}{;}\lambda} = 0$ en disant que L et $\overset{\star}{\Gamma}$ représentent « la même connexion » exprimée en coordonnées différentes (non holonomes).

(8) $L_{BA\rho} \equiv L^{C}{}_{A\rho} h_{CB}$; les indices dans l'espace 2 sont déplacés au moyen des h_{AB} et h^{AB}.

(1) W. F. Carwright, C. Richman, M. N. Whitehead et H. A. Wilcox, *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 832.

(2) V. Z. Peterson, *Phys. Rev.*, 79, 1950, p. 407.

un deutéron. Du point de vue énergétique les deux processus possibles A. $P + P \rightarrow P + N + \Pi^+$ et B. $P + P \rightarrow D + \Pi^+$ sont essentiellement différents. A conduit à un spectre continu, dont l'énergie maximum est dans le système C. G.

$$q_{0\,\max} = \frac{1}{4p_{10}}\left[4p_{10}^2 - (m_P + m_N)^2 + \mu^2\right],$$

B donne une « raie spectrale » avec

$$q_0 = \frac{1}{4p_{10}}\left[4p_{10}^2 - m_D^2 + \mu^2\right].$$

On a $q_0 > q_{0\,\max}$. Pour des protons incidents de 345 MeV (système du laboratoire) et pour une énergie de liaison du deutéron $E_0 = 2{,}23$ MeV on trouve $q_{0\,\max} = 168$ MeV, $q_0 = 170$ MeV. La raie spectrale due à la création du deutéron se situe donc juste après la fin du spectre continu.

Dans cette Note nous calculons la section efficace de la réaction B. Un traitement rigoureux est extrêmement ardu. Nous utilisons une méthode approximative qui cependant permet de se prononcer tout au moins sur l'ordre de grandeur de la section efficace. Avec M. Marty nous avions calculé la section efficace de la mésodésintégration du deutéron [3] en supposant, pour le deutéron la validité du formalisme de Möller-Rosenfeld [4]. Or la mésodésintégration constitue le phénomène inverse de B. En appliquant le principe de la « detailed balance », il est aisé de trouver la section efficace de B à partir des résultats de [3]. Dans le cas d'un méson Π pseudoscalaire on démontre que seulement les états ${}^1S_0$, ${}^3P_1$, ${}^3P_2$, ${}^1D_2$ du spectre continu du système de deux nucléons, provenant de la décomposition de l'onde plane du système initial en ondes sphériques, donnent une contribution à l'état final ${}^3S_1$ du spectre discret du deutéron. La section efficace de B dans le système C. G. est

$$\sum\nolimits_B = \frac{16\pi}{3}\,\frac{f_2^2}{4\pi\hbar c}\,\rho\,\frac{q^3 p_{10}^2}{p_1^2}\,\frac{m_p}{q_0^3}\left[\{\mathrm{I}\}^2 + \frac{2}{3}\,\frac{q^2}{p_1^2}\{\mathrm{II}\}^2\right]$$
$$+\frac{4\pi}{3}\,\rho\,\frac{\left(f_1 - f_2\dfrac{q_0}{\mu}\right)^2}{4\pi\hbar c}\,\frac{\mu^2 p_{10}^2 q}{m_p^3 p_1 q_0}\,\frac{1}{q_0^2}\left[\{\mathrm{I}\}^2 + \frac{1}{6}\,\frac{q^2}{p_1^2}\{\mathrm{II}\}^2\right],$$

où $\rho = 2{,}79$, $\beta = 0{,}309\,C_1 = 0{,}366$ sont des constantes liées au deutéron $f_2^2/4\pi\hbar c = 0{,}096$ et $f_2^1/4\pi\hbar c = 0{,}03$ sont les constantes d'interaction, q et p_1 représentent les moments du méson émis et du nucléon incident,

$$p_{10} = \sqrt{p_1^2 + m_p^2},$$
$$\{\mathrm{I}\} = (1 - C_1)P_0 - (1 - 2C_1)P_1 - C_1 P_2; \qquad \{\mathrm{II}\} = (1 - C_1)P_0^2 - (1 - 2C_1)P_1^2 - C_1 P_2^2$$

---

(3) C. Marty et J. Prentki, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 765; *J. Phys.*, **10**, 1949, p. 156.

(4) *Det. Kgl. Danske. Vid. Selsk.*, **17**, 1940, fasc. 8.

avec

$$P_n = \left[1 + (\beta + n)^2 \frac{\mu^2}{p_1^2} \right]^{-1},$$

$\mu = 286\, m_0$, masse du méson; m_P, m_N, masses des nucléons. Pour $E = 345$ MeV (système du laboratoire) on obtient $\Sigma_B = 1,32.10^{-28}$ cm². Les distributions angulaires dépendent du type du méson Π. Pour un Π pseudo-scalaire, dans le système C. G., elles sont isotropes et par contre en $a + b \cos^2 \theta$ pour un méson vectoriel. L'influence du champ coulombien sur le méson créé est ici pratiquement nulle, ce que l'on démontre à partir de la formule (29) de ([3]). Les sections expérimentales du processus A sont de l'ordre de 10^{-28}, 10^{-29} cm². On voit donc que l'effet B constitue un phénomène qui en principe est bien observable et qui en liaison avec les distributions angulaires peut fournir des indications supplémentaires sur la nature des mésons Π. Cependant il est nécessaire de connaître très exactement l'emplacement du maximum du spectre des mésons émis. Une étude expérimentale détaillée de l'extrémité du spectre vers les grandes énergies des mésons Π^+ émis dans les collisions $p - p$ semble d'une grande utilité. La superposition d'un spectre continu provenant de A avec la raie spectrale due à B peut donner l'explication de l'ensemble du phénomène.

Les mêmes remarques s'appliquent au spectre des mésons Π^0 obtenus dans les collisions $n - p$.

PYROTECHNIE. — *Remarques sur une Note récente de* MM. JAMES et JACQUES BASSET *intitulée « Influence de la pression ambiante sur les effets des charges creuses et la combustion des poudres »*. Note de MM. **HENRI MURAOUR** et **JEAN FAUVEAU**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Les Auteurs critiquent l'hypothèse formulée par J. et J. Basset pour expliquer l'action inhibitrice de la force centrifuge sur le pouvoir perforant des charges creuses et formulent quelques remarques à propos de l'influence de la pression sur la vitesse de combustion des poudres.

Dans une Note récente ([1]) MM. J. et J. Basset ont formulé quelques hypothèses sur deux sujets très différents :

1° L'influence de la rotation d'une charge creuse sur ses effets perforants.

2° L'influence de la pression sur la vitesse de combustion des poudres colloïdales.

On sait, depuis longtemps, que la mise en rotation d'une charge creuse a pour effet de diminuer les effets de perforation. J. et J. Basset admettent que la force centrifuge agit en comprimant l'explosif dont la brisance serait ainsi

---

([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1440.

diminuée et ces auteurs rapprochent ce phénomène de la diminution de brisance des explosifs d'amorçage enflammés dans des gaz sous pression, diminution de brisance que nous avons nous-mêmes étudiée, entre les deux guerres, en collaboration avec J. Basset [2].

L'explication proposée nous paraît inadmissible pour les raisons suivantes :

1° Pour les explosifs du type utilisé dans les charges creuses (acide picrique, trinitrotoluène, hexogène), il n'existe pas de « densité limite ».

2° Un obus, par exemple, un projectile de 75^{mm}, muni d'une fusée à temps, bien qu'en rotation, détone parfaitement sur sa trajectoire.

3° La cause de la diminution de brisance des explosifs d'amorçage enflammés dans un gaz sous pression est encore loin d'être élucidée, il n'est nullement certain que le phénomène existe pour les explosifs dits secondaires. L'expérience est d'ailleurs fort difficile à réaliser car pour faire détoner un explosif secondaire il est nécessaire d'utiliser un explosif d'amorçage qui lui-même perd sa brisance dans un gaz sous haute pression (nous avons cependant réussi à faire détoner un mélange de tétranitrométhane et de toluène dans l'azote sous une pression de 1300 kg/cm^2) [3].

4° Si la rotation d'une charge creuse à cavité conique diminue son pouvoir perforant, il n'en est plus de même si la cavité est hémisphérique. Dans ce dernier cas l'effet perforant, pour la charge immobile, est plus faible qu'avec la cavité conique, mais cet effet n'est pas sensiblement modifié par la rotation.

La véritable raison de l'effet de rotation doit être recherché, comme on l'admet généralement, dans l'action inhibitrice qu'exerce la force centrifuge sur la formation du dard métallique qui, lancé à une vitesse de l'ordre de 8 000 à 10 000 m/sec est le véritable agent de perforation.

Influence de la pression sur la vitesse de combustion des poudres colloïdales. — L'explication donnée par J. et J. Basset des résultats divergents obtenus avec divers types de poudre nous paraît erronée. Ces auteurs admettent qu'il faut rechercher l'origine des écarts observés dans une modification de l'équation de décomposition sous l'influence de la pression. Or, en ce qui concerne les poudre chaudes qui donnent naissance à des gaz riches en CO_2 et H_2O, une

---

(2) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 809 et *Chimie et Industrie*, 45, n° 3 *bis*, 1941, p. 218. (Communication au 19e Congrès de Chimie industrielle). Pour l'azoture de plomb une influence nette de la pression a été observée à partir de 250 kg/cm^2. Ultérieurement James Basset faisant détoner des comprimés d'azoture de plomb dans une cavité creusée dans un bloc de paraffine, placé dans un gaz sous pression, a observé une diminution de la brisance à partir de 25 kg/cm^2, mais on peut se demander si les propriétés mécaniques de la paraffine n'ont pas été modifiées sous l'influence de la pression.

La diminution de la brisance des explosifs d'amorçage enflammés dans un gaz sous pression ne doit pas être confondue avec le phénomène dit de surcompression. On sait que l'azoture de plomb ne peut pas être surcomprimé.

(3) *Chimie et Industrie*, 48, n° 5, 1942, p. 259.

chute de pression doit augmenter la dissociation, c'est-à-dire abaisser la température et, par suite, la vitesse de combustion. Or, c'est exactement l'effet inverse qui a été observé, d'autre part, la poudre 39/49/LB partie BT, citée dans les Notes publiées aux *Comptes Rendus* et dans *Chimie et Industrie* [4] a une composition et une température d'explosion très voisine de celle de la poudre n° 4 utilisée par Basset. Or, ce dernier a enregistré dans la région de 200 à 400^{kg} une bosse très accentuée qui n'existe pas pour la poudre 39/49/LB.

Il est bien évident qu'une conclusion définitive ne pourra être formulée qu'après l'étude complète de l'influence que peut exercer le vernis inhibitor sur la vitesse de combustion [5].

Cette étude paraît d'autant plus nécessaire que les mesures des vitesses de combustion de poudre brûlant soit dans l'azote sous pression soit dans des fusées, exécutées aussi bien en France qu'aux U. S. A., sont en bon accord avec une loi de la forme $V = a + bP$, loi qui a été établie au Laboratoire Central des Poudres, à partir des tirs exécutés dans une bombe Vieille.

MAGNÉTISME. — *Propriétés magnétiques des ferrites mixtes de magnésium et de zinc.* Note (*) de M. **Charles Guillaud**, transmise par M. Aimé Cotton.

Nous avons entrepris l'étude des ferrites simples et mixtes de magnésium et de zinc afin de montrer tout particulièrement l'influence des traitements thermiques sur les moments et les points de Curie.

Nous avons étudié, en collaboration avec Mme Roux, les ferrites mixtes répondant à la formule générale

$$(Fe_2^{3+}, Mg_x^{2+}, Zn_{1-x}^{2+})O_4^{2-}.$$

en faisant varier x entre 1 et 0.

Pour connaître les propriétés spécifiques de ces divers ferrites il est nécessaire que leur définition chimique soit parfaite, car les propriétés magnétiques sont très sensibles aux différentes impuretés.

Nous les avons préparés par coprécipitation et par cocalcination en partant de métaux très purs : fer, zinc, magnésium (ce dernier métal nous ayant été fourni par M. Chaudron). Les rayons X et l'analyse chimique permettent de connaître l'état de cristallisation et la teneur en fer ferreux qui est la seule impureté à considérer de par nos méthodes de préparation.

---

(4) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1043-1045 et *Chimie et Industrie*, 65, n° 1, 1951, p. 53.

(5) Par exemple, le degré d'opacité du vernis peut agir en protégeant plus ou moins bien la surface du brin de poudre contre le rayonnement calorifique issu de la zone en combustion et réfléchi par les parois de la bombe.

(*) Séance du 26 février 1951.

Le moment magnétique de ces ferrites dépend de la température optimum de chauffage, et de la trempe plus ou moins rapide à cette température.

Il ne s'agit pas là d'un phénomène d'ordre chimique, mais de la répartition des ions ferriques dans les cavités tétraédiques et octaédriques du réseau. Nous avons en effet mis en évidence, en collaboration avec M. Sage, que le moment dépendait de la teneur en ferrite inverse. Cette étude fera l'objet d'une publication particulière.

Propriétés magnétiques. — Les lois d'approche (*fig.* 1) en fonction du champ ($1/H_i$) mettent en évidence une concavité d'autant plus marquée que le ferrite est moins riche en MgO, au-dessous de 10 % en MgO les extrapolations deviennent très incertaines. Les lois d'approche en fonction de la température ne donnent pas, jusqu'à 20° K, une loi en T^2, sauf en ce qui concerne le ferrite simple.

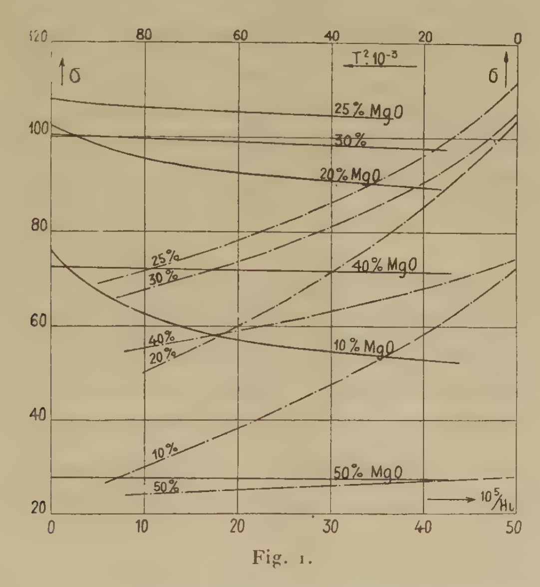


Fig. 1.

Nous avons déterminé les moments à saturation de ces divers ferrites depuis le ferrite simple jusqu'au ferrite mixte à 10 % de MgO. Pour chaque pourcentage, nous avons fait varier les conditions de chauffage de façon à obtenir des moments étagés entre deux limites extrêmes, les ferrites ainsi préparés étaient parfaitement cristallisés et chimiquement identiques.

Si nous considérons par exemple le ferrite simple, nous avons obtenu des moments étagés entre 1,0 et 2,2 magnétons de Bohr (μ_B) (rappelons que ce moment est égal à : $\sigma_{\infty,0} \times$ masse moléculaire/5593).

La figure 2 traduit nos résultats. Pour chaque pourcentage étudié le segment vertical précise les limites entre lesquelles le moment varie. Ces limites sont importantes et l'on ne peut parler d'un moment propre du ferrite sans définir la distribution des ions ferriques, seuls responsables du moment.

Nous observons également que si l'on extrapole les limites inférieures de ces

moments nous obtenons $10\mu_B$ pour le ferrite de zinc pur ce qui correspond au moment des deux atomes de fer ferrique de la molécule.

Les points de Curie eux aussi ne sont pas fixes, c'est ainsi qu'ils s'étagent, pour le ferrite simple par exemple, entre 320°C et 440°C. La figure 2 traduit les résultats de nos mesures, pour une teneur donnée en MgO un segment vertical en pointillés précise les intervalles de température entre lesquels le point de Curie varie.

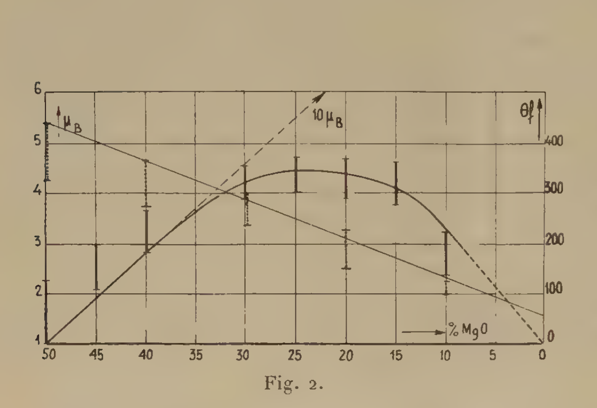


Fig. 2.

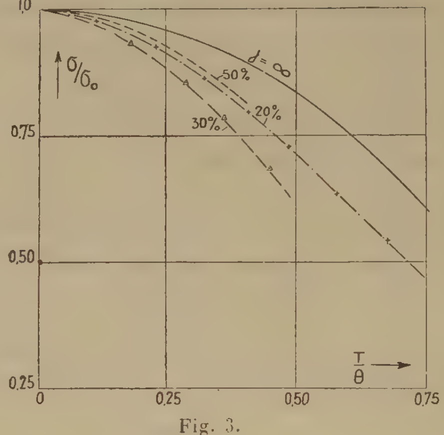


Fig. 3.

Mais à un moment donné correspond un point de Curie fixe. Le point de Curie est donc caractéristique de la teneur en ferrite inverse et pour une même composition au plus grand moment correspond le plus faible point de Curie.

D'autre part, si nous extrapolons les limites supérieures des points de Curie des échantillons les plus riches en MgO, nous obtenons 60°C environ pour le ferrite ne contenant plus de magnésium. C'est le point de Curie du ferrite de zinc ferromagnétique que nous avons préparé par ailleurs et dont le moment à saturation était de $0,9\,\mu_B$ (1).

Enfin, la figure 3 donne les aimantations spontanées, toutes les courbes sont au-dessous de celle correspondant à $j=\infty$.

MAGNÉTISME. — *Sur l'aimantation rémanente isotherme de la magnétite en grains fins dispersés.* Note (*) de Mlle **Juliette Roquet**, présentée par M. Charles Maurain.

On donne la valeur de la susceptibilité massique, la variation de l'aimantation rémanente isotherme et celle du champ de désaimantation en fonction du champ magnétisant, pour des échantillons de kaolin contenant des particules de magnétite artificielle dont les dimensions moyennes sont de l'ordre de 1/10 de micron.

L'étude des propriétés magnétiques de la magnétite a donné lieu à de nom-

(1) Ch. Guillaud et M. Sage, *J. Phys.*, **11**, 1950, p. 4 E.

(*) Séance du 26 février 1951.

breux travaux qui ont été résumés récemment au Colloque de Grenoble sur le magnétisme et l'antiferromagnétisme [1].

Ces travaux concernent surtout les magnétites, naturelles et artificielles, sous forme massive, ainsi que les roches et terres cuites ayant ce corps pour constituant ferromagnétique principal. Quelques recherches [2] ont été consacrées aux corps synthétiques formés de particules de magnétites dispersées dans des matériaux amagnétiques avec des concentrations de l'ordre de celles des roches naturelles.

A cause de son importance en géomagnétisme, j'ai tenté de reprendre cette étude dans des conditions aussi bien définies que possible. Les résultats qui suivent ont trait à l'aimantation induite et à l'aimantation rémanente isotherme (A. R. I.) d'échantillons cylindriques, constitués par du kaolin renfermant des particules dispersées de magnétite artificielle dont les dimensions moyennes sont de l'ordre de 1/10 de micron. Les concentrations magnétite/kaolin sont voisines de 0,5 et 1 %, en poids.

Les mesures sont conduites au magnétomètre comme je l'ai fait dans des études précédentes [3] sur le sesquioxyde de fer et les terres cuites.

Susceptibilité massique χ. — Elle a été mesurée dans des champs faibles, jusqu'à 30 Oe. Elle est alors constante, pour un échantillon donné, avec les valeurs suivantes :

échantillon M_1, concentration de l'ordre de 0,5 % : $\chi_1 = 330.10^{-6}$;
échantillon M_2, concentration de l'ordre de 1 % : $\chi_2 = 720.10^{-6}$.

Aimantation rémanente isotherme. — L'A. R. I. (aimantation spécifique) : σ_r est mesurée 3 minutes après suppression d'un champ H, lequel a été appliqué pendant 30 secondes.

Le traînage magnétique n'est pas appréciable.

Soit $\sigma_{1,r}$ et $\sigma_{2,r}$ les A. R. I. respectives de M_1 et M_2 correspondant à un même champ H : pour toutes valeurs de H, $\sigma_{2,r}/\sigma_{1,r} = \text{const.} = 2,3$, valeur sensiblement égale au rapport χ_2/χ_1 des susceptibilités initiales.

La courbe (σ_r) de la figure ci-dessous donne les variations de σ_r en fonction de H pour l'échantillon M_1. Elle n'a pas été tracée au delà de 2500 Oe, valeur pour laquelle la saturation est presque atteinte. En effet, on a

$H = 2\,230$ Oe, $\sigma_r = 383.10^{-4}$ u.e.m.;
$H = 3\,570$ Oe, $\sigma_r = 388.10^{-4}$ u.e.m.;
$H = 26\,500$ Oe. $\sigma_r = 388.10^{-4}$ u.e.m.

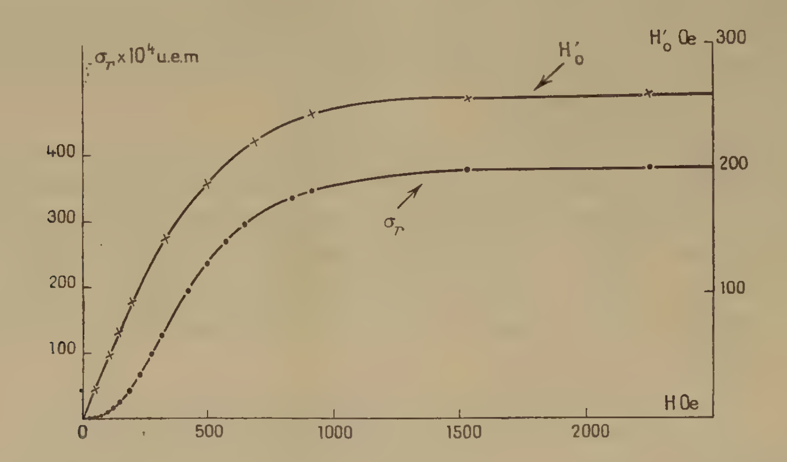
---

(1) Communications de A. MICHEL, G. CHAUDRON, J. BÉNARD, J. L. SNOEK et E. THELLIER, *J. de Phys.* (sous presse).

(2) K. PUZICHA, *Zeitsch. f. prakt. Geologie*, 38, 1930, p. 161-172 et 184-189; J. KOENIGSBERGER, *Terrestrial magnetism*, 43, 1938, p. 119-130 et 299-320; T. NAGATA, *Bulletin of the Earthquake Research Institute*. Tokyo Imperial University, 21, part. I, march. 1943; H. MANLEY, *These de Doctor of Philosophy*, University of London, 1949.

(3) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1939-1941 et Notes précédentes.

La partie initiale de cette courbe est très proche d'une parabole $\sigma_r = b\,H^2$, de paramètre $b = 8.10^{-8}$, très supérieur à celui trouvé pour un échantillon de sesquioxyde de fer, mais très inférieur à ceux qui correspondent généralement aux roches volcaniques [E. Thellier (1)].



Cycles d'aimantation rémanente isotherme. — Comme dans un travail antérieur (3) j'ai mesuré les valeurs σ'_r de l'A. R. I. qui reste après que l'échantillon M_1, portant une A. R. I. initiale σ_r est soumis à des champs décroissants H', de même sens que le champ H primitivement agissant, puis à des champs H' croissant en valeur absolue jusqu'à la valeur H, mais de sens inverse. On obtient ainsi un cycle de rémanence $\sigma'_r = f(H')$.

Le champ H' est appliqué pendant 30 secondes et σ'_r mesurée 3 minutes après qu'il a été supprimé.

J'ai tracé plusieurs cycles correspondant à des A. R. I. initiales variées. Les branches latérales des cycles coupent l'axe des H' en des points H'_0. H'_0 est le champ de désaimantation, c'est-à-dire le champ qui, appliqué en sens inverse de l'aimantation primitive, laisse une aimantation apparente nulle. La variation de H'_0 en fonction de H (courbe H'_0 de la figure) est d'abord linéaire, avec une pente très voisine de 1/2, mais il y a ensuite tendance rapide à la saturation :

$$H = 1\,530\ \text{Oe}, \qquad H'_0 = 255\ \text{Oe};$$
$$H = 2\,230\ \text{Oe}, \qquad H'_0 = 260\ \text{Oe};$$
$$H = 26\,500\ \text{Oe}, \qquad H'_0 = 264\ \text{Oe}.$$

Pour l'échantillon M_2 cette courbe est identique.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *L'action statistique des atmosphériques sur un récepteur accordé sur 27 kc/sec.* Note de M. **Fernand Carbenay**, présentée par M. Pierre Lejay.

La cadence de succession des atmosphériques, capables d'actionner un récepteur-enregistreur accordé sur 27 kc/sec, paraît indépendante de la largeur de la bande passante du récepteur pourvu que le seuil de fonctionnement de celui-ci soit défini par une impulsion de faible durée devant la période du récepteur. L'expérience devra être poursuivie et étendue à des fréquences plus élevées.

Nous avons défini, dans des Notes antérieures [1], le seuil de fonctionnement des récepteurs-enregistreurs du niveau moyen des atmosphériques et des radiogoniomètres d'atmosphériques par le flux d'impulsion, rapporté à la hauteur effective de l'aérien, d'une force électromotrice engendrée dans cet aérien pendant une durée brève devant la période d'accord du récepteur.

L'activité des atmosphériques, dans l'hypothèse où ceux-ci agissent par impulsions sur le récepteur, peut être caractérisée par l'enregistrement de *la cadence de succession* des atmosphériques dont l'impulsion dépasse le seuil de fonctionnement, cette impulsion étant exprimée en maxwells par unité de hauteur effective de l'aérien.

Dans une Note précédente [2], nous avons proposé d'ajouter, pour caractériser l'activité des atmosphériques, un nouveau paramètre : *le champ électrique moyen*, qui peut être enregistré avec un appareil à réponse linéaire (décrit dans la Note précitée) de façon que l'ordonnée moyenne de la courbe enregistrée soit proportionnelle, en supposant que les atmosphériques agissent par impulsions sur le récepteur, au produit de l'amplitude des impulsions par leur cadence de succession.

Nous nous sommes proposé de rechercher dans quel domaine de fréquences on peut admettre que l'action des atmosphériques se manifeste essentiellement par impulsions sur un récepteur-enregistreur du niveau moyen et la présente Note a pour objet de rendre compte des premiers résultats obtenus au Laboratoire National de Radioélectricité, sur la fréquence de 27 kc/sec (11 000^{m}).

Plusieurs enregistrements de la cadence de succession des atmosphériques ont été effectués à Bagneux avec un récepteur, accordé sur 27 kc/sec, associé à un radiocinémographe de R. Bureau. La largeur de la bande passante [3] du récepteur était modifiée au cours des enregistrements, et, à chaque modification, la sensibilité du récepteur était réglée, par variation de la polarisation de grille de deux tubes électroniques, de façon à maintenir constant le seuil de

---

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 170 et **227**, 1948, p. 337.

(2) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1648.

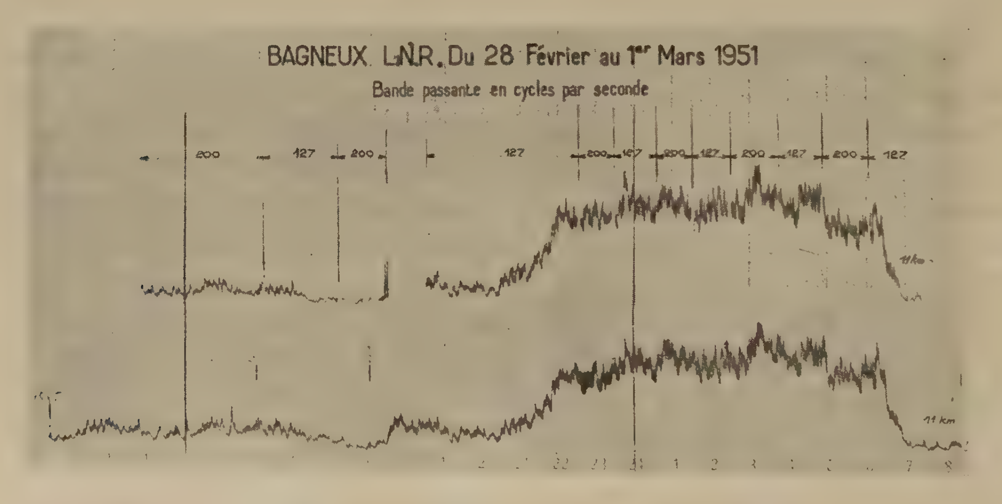
(3) La largeur de cette bande correspond à un affaiblissement de 6 db.

fonctionnement du récepteur amplificateur. Ce seuil est défini par le plus petit flux d'impulsion Φ_1, dans le premier circuit accordé du récepteur, provoquant le fonctionnement de l'enregistreur.

Le flux Φ_1 est l'impulsion d'une tension produite par la décharge d'un condensateur, chargé à une différence de potentiel U, dans une résistance R dont une faible partie r est insérée dans le circuit d'entrée du récepteur. La constante de temps τ de la décharge est $1^{\mu s},25$, durée petite devant la période d'accord du récepteur ($37^{\mu s}$).

$$\Phi_1 = \frac{r}{R} \tau U \quad (^1).$$

Deux enregistrements de la cadence des atmosphériques ont été reproduits, à titre d'exemple, sur la figure. La courbe supérieure a été obtenue avec un récepteur dont la largeur de bande était soit 127 c/sec, soit 200 c/sec, et dont la sensibilité était réglée, dans les deux cas, pour maintenir le seuil de fonctionnement à une valeur constante $\Phi_1 = 100$ maxwells; l'aérien comportait une partie horizontale. La courbe inférieure est un enregistrement témoin obtenu avec un récepteur, associé à une antenne verticale, qui n'a subi aucune modification.



Le niveau des courbes enregistrées ne paraît pas être affecté au passage d'une bande à l'autre, comme si l'action des atmosphériques sur le récepteur était semblable à celle des impulsions du dispositif d'étalonnement.

L'expérience devra être poursuivie sur 27 kc/sec (notamment avec un plus grand rapport de largeurs de bande passante) et étendue à des fréquences plus élevées.

---

(1) F. CARBENAY, *Sur l'enregistrement du niveau moyen des atmosphériques* (*Note préliminaire* n° 131 *du Laboratoire National de Radioélectricité*, 1949, p. 8).

SPECTROSCOPIE. — *Étude du spectre d'émission de l'argon sous pression élevée.* Note (*) de M. **Schame Weniger** et Mme **Renée Herman**, présentée par M. Aimé Cotton.

On décrit l'évolution du spectre d'émission de l'argon en fonction de la pression entre 9800 et 2000 Å. Le rayonnement continu recouvre tout le domaine étudié. Son intensité, par rapport à celle des raies, augmente lorsque la pression croît. Son origine est probablement complexe.

De nombreux auteurs ([1]) ont déjà étudié les spectres d'émission continue des gaz rares et se sont employés à en rechercher l'origine. En réalité, les procédés utilisés sont très divers et il est possible qu'on ait affaire à des processus différents.

Le présent travail concerne l'émission de l'argon comprimé sous des pressions de 3 à 120 kg/cm², excité par une décharge alternative à haute tension non condensée. La densité de courant est faible (une fraction de milliampère à 50 mA). C'est surtout l'effet de pression qui joue un rôle fondamental. Les figures ci-contre montrent l'évolution de l'émission en fonction de la pression.

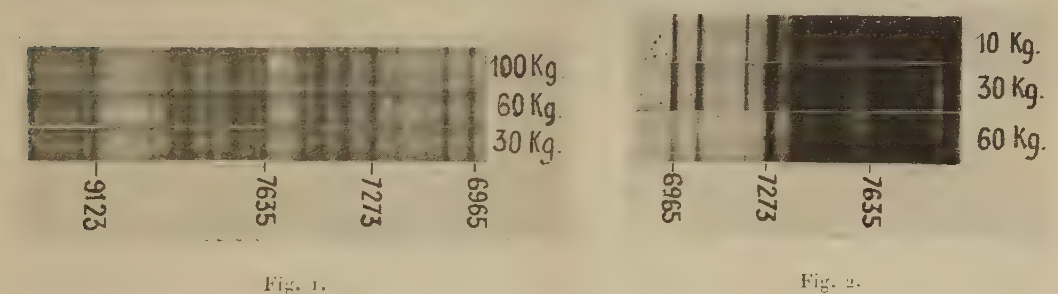


Fig. 1. Fig. 2.

Lorsque la pression varie de 10 à 100 kg/cm², l'intensité du fond continu augmente. Contrairement aux travaux de Vogel ([2]) et Schultz ([3]) qui situent la limite du spectre continu respectivement vers 8100 et 7000 Å, nous avons pu l'observer jusqu'à 9800 Å (*fig.* 1).

(*) Séance du 26 février 1951.

([1]) Mc. Callum, Klatzow et Keyston, *Nature*, 130, p. 810; *Phil. Mag.*, 16, 1933, p. 193; Déjardin, *J. Phys.*, 9, 1938, p. 142 S; Laporte, *J. Phys.*, 9, 1938, p. 228 et 6, 1945, p. 164; Muraour, Romand et Vodar, *J. Phys.*, 8, 1947, p. 161.

([2]) *Ann. Physik*, 41, 1942, p. 196.

([3]) *Ann. Physik*, 6, 1947, p. 198.

En même temps que ce spectre continu, on observe un spectre de raies dû à A I et A II. Pour une pression de 10 kg/cm² ou inférieure, A I est prédominant dans tout le domaine spectral; pour les pressions élevées, les termes élevés de A I disparaissent et, pour une pression de 60 kg/cm², seules subsistent les transitions infrarouges (*fig.* 2) Les premières raies qui disparaissent sont 6032 et 6461 qui présentent déjà une dégradation vers le rouge pour les faibles pressions. Les raies infrarouges persistantes présentent cette même dégradation qui augmente avec la pression; A II subit une évolution analogue, les raies prédominantes aux pressions élevées sont 4880 ($4s^2P_2 - 4P^3D^3$); 4806 ($4s^4P_3 - 4p^4P_3$); 4426 ($4s^4P_2 - 4p^4D_3$); 4348 ($4s^4P_3 - 4p^4D_4$) qui correspondent aux termes inférieurs intenses de la série $4s - 4p$. Elles subissent un fort élargissement et présentent une faible dégradation vers le violet. Les premières raies qui disparaissent sont celles qui se groupent dans la région 3600-3500 Å. On voit sur la figure 3 la bande diffuse qui en résulte.

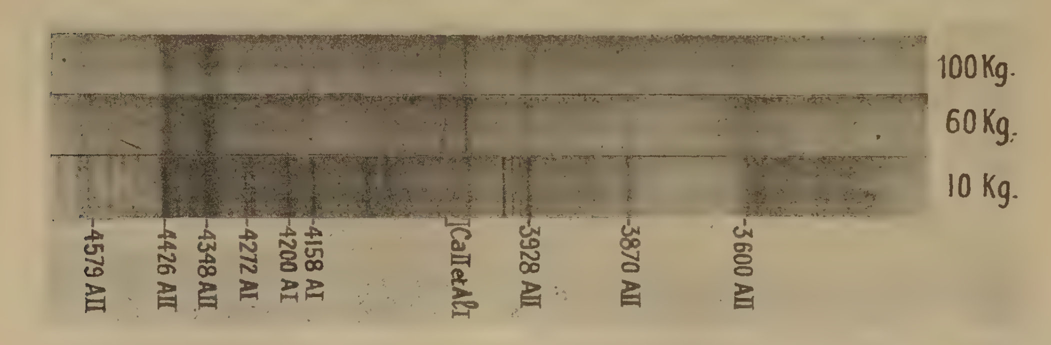


Fig. 3.

Cette disparition des termes élevés a déjà été observée dans le cas du Krypton ([4]). Il semble que le spectre continu ait au moins une double origine : à basse pression, on observe un continu dû au freinage des électrons dans le champ des ions, suivi d'une recombinaison donnant naissance aux raies à niveaux supérieurs élevés, à forte pression, on a formation de molécules de Van der Waals de types AA et A^+A; le spectre continu provenant de ces dernières molécules étant probablement plus intense que le premier.

([4]) L. et R. Herman, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 654.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *La détection optique de la résonance électronique paramagnétique par la mesure de la polarisation rotatoire paramagnétique d'une radiation visible.* Note (*) de M. **Alfred Kastler**, présentée par M. Jean Cabannes.

On montre que la résonance magnétique électronique des ions paramagnétiques, produite par un champ magnétique de haute fréquence en présence d'un champ constant, doit influencer la polarisation rotatoire magnétique de ces ions, observée avec une radiation visible.

La résonance électronique paramagnétique dans le domaine des radiofréquences, pressentie par Dorfmann en 1923 (1) et découverte par Zavoisky en 1945 (2) à la suite des travaux sur la relaxation paramagnétique de Gorter et de ses collaborateurs (3), est l'objet depuis 1946 de nombreuses investigations (4).

Dans la plupart des recherches sur ce phénomène on produit et l'on détecte la résonance par des techniques radioélectriques. Mais il peut être intéressant d'utiliser pour la détection d'autres effets : magnétomécaniques, calorifiques ou optiques. Les transitions de résonance produisent une modification des populations des sous-niveaux magnétiques m de l'état fondamental des ions, populations qui à l'équilibre thermique sont régies par la loi de Boltzmann. Tout phénomène qui dépend de la répartition des aimants élémentaires entre les différents niveaux m peut donc servir à détecter les transitions qui changent les populations respectives de ces niveaux.

Bitter a attiré l'attention sur l'intérêt des méthodes de détection otiques, et parmi celles-ci la mesure de la polarisation des radiations de résonance optique a été proposée et appliquée à l'étude de la résonance des niveaux atomiques excités (5).

Un autre effet optique qui dépend directement de la répartition des ions entre les niveaux m de l'état fondamental est la *polarisation rotatoire paramagnétique*. Dans les cristaux ou solutions paramagnétiques l'effet Faraday a une double origine : 1° l'effet diamagnétique commun à tous les corps, conséquence de la précession de Larmor ; 2° l'effet paramagnétique, découvert par

(*) Séance du 19 février 1951.

(1) *Z. Physik*, **17**, 1923, p. 98.

(2) *J. Phys. U. R. S. S.*, 9, 1945, p. 211, 245, 299 et 10, 1946, p. 170, 197.

(3) *Paramagnetic relaxation*, Elsevier, 1947.

(4) *Voir* A. Kastler, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1462, référence 2.

(5) F. Bitter, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 833; J. Brossel et A. Kastler, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1213; J. Brossel, P. Sagalyn et F. Bitter, *Phys. Rev.*, **79**, 1950, p. 225; A. Kastler, *Physica* (à paraître).

Jean Becquerel et dû à l'orientation des aimants élémentaires par le champ qui entraîne une dissymétrie d'intensité des composantes Zeeman d'absorption. Ce deuxième effet suit une loi de Curie en $1/T$ et présente une saturation à basse température. La polarisation rotatoire des ions paramagnétiques et sa variation en fonction de la température a fait l'objet des recherches systématiques de Jean Becquerel et de ses collaborateurs ([6]). La théorie du phénomène a été élaborée par plusieurs auteurs ([7]).

On peut prévoir les conditions pour lesquelles l'effet recherché a des chances d'être maximum. L'emploi d'une basse température est favorable pour deux raisons : la dissymétrie d'orientation et la valeur de la polarisation rotatoire sont grandes, les temps de relaxation « niveau magnétique-réseau » sont longs. Un long temps de relaxation favorise la saturation obtenue avec une puissance radioélectrique donnée. Il faut tenir compte aussi des complications introduites par le champ cristallin. Pour les ions des terres rares le champ cristallin produit des séparations de l'ordre de 20 à 200 cm^{-1}. Le nombre quantique j conserve sa signification et les niveaux séparés par le champ sont les niveaux $|m_j|$. Les dégénérescences qui subsistent dépendent de la symétrie du champ, et si j est demi-entier, il y a toujours dégénérescence de Kramers. Les niveaux $m_j = +1/2$ et $m_j = -1/2$ en particulier ne sont séparés que par un champ magnétique extérieur. Donc pour les ions où j est demi-entier, l'une des fréquences de résonance satisfaisant à la règle de sélection $\Delta m_j = \pm 1$ est toujours du domaine radioélectrique et doit se répercuter sur la grandeur de la polarisation rotatoire magnétique.

Dans le cas des ions du groupe du fer le champ cristallin rompt la liaison entre les vecteurs $\vec{L}$ et $\vec{S}$, les séparations cristallines correspondent à des écarts du domaine infrarouge ou visible entre les niveaux m_L, à des écarts du domaine radioélectrique entre les niveaux m_S. Si l'on admet que les règles de sélection et de polarisation pour les transitions optiques sont les mêmes que dans l'effet Paschen-Back ($\Delta m_L = \pm 1$ ou 0, $\Delta m_S = 0$) on est tenté de conclure que les résonances radioélectriques $\Delta m_S = \pm 1$ doivent être sans influence sur les propriétés optiques ([8]). Mais les études sur la polarisation rotatoire magnétique de ces ions montrent que la rotation est notable et qu'elle dépend essentiellement du peuplement relatif des niveaux $\pm m_S$.

Un cas particulièrement intéressant est celui du fluosilicate de nickel

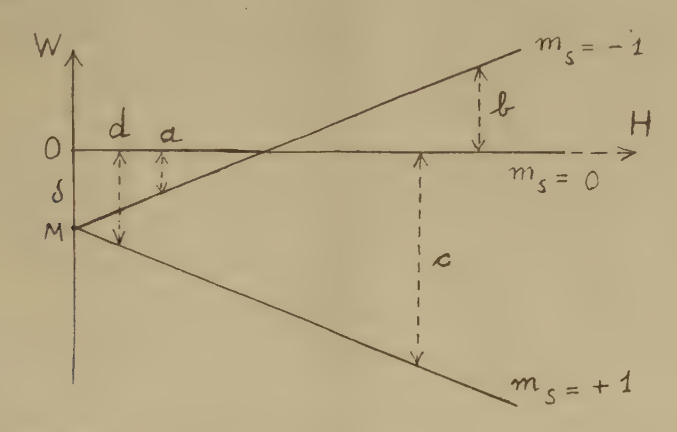
---

([6]) J. Becquerel, *Notices sur les travaux scientifiques*, I et II, 1934 et supplément 1943 et des articles de J. Becquerel, W. J. de Haas et J. van den Haudel dans *Physica*.

([7]) Travaux de R. Ladenburg, C. G. Darwin, W. Schutz, L. Rosenfeld, H. A. Kramers cités par J. H. van Vleck, *Electric and Magnetic Susceptibilities*, 1932, § 84; J. Frenkel, *Z. Physik*, 36, 1926, p. 215; J. H. van Vleck et W. G. Penney, *Phil. Mag.*, 17, 1934, p. 961.

([8]) A. C. Candler, *Atomic Spectra*, 1, 1937, p. 113 et 157.

hexahydraté dont la polarisation rotatoire magnétique ([9]) et la résonance magnétique ([10]) ont été étudiées et dont la figure indique la disposition des niveaux m_s de l'état fondamental. D'après sa loi de variation en fonction de la température la polarisation rotatoire magnétique est proportionnelle à la différence de peuplement entre les niveaux $m_s = -1$ et $m_s = +1$.



L'examen de la figure montre que la résonance *a* doit augmenter la rotation, les résonances *b* et *c* doivent la diminuer, enfin la résonance *d* doit inverser le signe de la rotation si elle approche de la saturation. Il serait intéressant de soumettre ces prévisions au contrôle de l'expérience.

PHOSPHORESCENCE. — *Action extinctrice des radiations de grandes longueurs d'ondes en électrophotoluminescence. II. Essai d'interprétation.* Note (*) de Mme **Françoise Vigean** et M. **Daniel Curie**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'affaiblissement de l'illumination fugace produit par les radiations de grandes longueurs d'onde s'interprète comme une amplification par le champ électrique de la perturbation produite par ces radiations dans les atomes de soufre voisins d'un centre excité. Cette perturbation peut avoir un caractère métastable.

On a de plus une indication de la prépondérance du mécanisme « monomoléculaire » en phosphorescence.

Dans la Note précédente, l'un de nous a établi que l'effet extincteur produit par les radiations de grandes longueurs d'onde sur l'électrophotoluminescence présente une persistance très remarquable et en particulier existe même si l'irradiation aux rayons extincteurs a lieu plusieurs heures avant

---

([9]) J. Becquerel, J. van den Handel et W. Opechowski, *Physica*, 6, 1939, p. 1034 et 1039.

([10]) R. P. Penrose et K. W. H. Stevens, *Proc. Phys. Soc.*, A 63, 1950, p. 29.

(*) Séance du 19 février 1951.

l'excitation. Ce phénomène peut être rapproché de l'extinction de la *phosphorescence* d'un sulfure par les radiations de grandes longueurs d'onde, expliqué par une sorte d'*effet photoélectrique* sur les atomes de soufre voisins des centres luminescents [1]. Certains centres luminogènes vidés au cours de l'excitation préalable se trouveraient ainsi remplis sans émission lumineuse visible par des électrons détachés de ces atomes de soufre. Les électrons issus des pièges responsables de la phosphorescence ne pouvant plus revenir dans ces centres, auraient par suite une probabilité accrue de désexcitation sans émission (par exemple, par capture dans un centre « poison »).

Signalons d'ailleurs que dans la théorie de Riehl-Schön-Klasens, l'arrivée dans un centre de l'électron détaché d'une bande de soufre s'accompagne de la production d'un « trou » dans cette bande, dont la migration pourra entraîner l'augmentation du nombre des centres poison vides; d'où une raison supplémentaire favorisant les rentrées sans émission [2].

Pour expliquer le phénomène d'affaiblissement par les radiations de grandes longueurs d'onde de *l'illumination fugace* produite lorsqu'au cours du déclin de la phosphorescence on vide les pièges par application d'un champ électrique, M. Curie [3] a proposé d'admettre que ces radiations produisent de plus une perturbation *permanente* du cortège électronique des atomes de soufre; certains des électrons perturbés pouvant venir remplir les centres luminogènes, toujours sans émission visible, *au moment de l'application du champ* (effet « par échelon »). Ce remplissage entraîne l'augmentation de la probabilité de rentrée sans émission des électrons de phosphorescence amenés dans la bande de conductibilité par ce champ.

En résumé, nous admettons que le remplissage des centres luminogènes (vidés par l'excitation) entraînant l'extinction peut se produire, soit (par effet photoélectrique) sous irradiation extinctrice (a), soit (par effet par échelons) lors de l'application ultérieure du champ électrique (b).

On rend compte alors aisément des phénomènes décrits ci-dessus. Si l'irradiation a lieu *avant* l'excitation, on a seulement affaire à l'extinction (b) due au remplissage des centres pendant l'application du champ, car la perturbation (a) a pratiquement disparu durant l'excitation.

Si elle a lieu *après*, on a affaire aux deux causes de remplissage des centres agissant successivement (a et b); d'où une extinction plus grande de l'illumination fugace.

L'indépendance de cette illumination S lorsqu'on fait varier le temps Θ

---

(1) M. Curie, *Thèse*, Paris, 1923 et *Fluorescence-Phosphorescence*, Paris, 1946, p. 134-135; G. F. J. Garlick et D. E. Masson, *Journ. Electrochem. Soc. U. S. A.*, 96, 1949, p. 112.

(2) Kröger, *Luminescence of Solids*, 1948, Amsterdam, p. 231.

(3) *Loc. cit.*, p. 138.

séparant l'irradiation extinctrice et l'excitation s'explique, dans le cas où l'irradiation précède l'excitation en attribuant à la persistance de la perturbation une durée de plusieurs heures au moins.

Dans le cas de l'irradiation du sulfure déjà excité, l'explication nécessite des hypothèses supplémentaires. Le mode de rentrée dans les centres luminogènes des électrons des atomes de soufre perturbés est monomoléculaire, ces électrons très peu mobiles, ne pouvant rentrer que dans un centre voisin. Supposons que la plupart des électrons piégés rentrent aussi monomoléculairement; on peut alors considérer indépendamment des autres centres ceux liés à des pièges d'une vie donnée τ; le nombre N de tels centres excités décline exponentiellement. Supposons de plus que la fraction de ces centres remplie lors d'une courte irradiation extinctrice ne dépende que de la dose utilisée. Le nombre de centres vides sera N_0 à la fin de l'excitation, $N = N_0 \exp(-\Theta/\tau)$ immédiatement avant l'irradiation, cN après l'irradiation ($c < 1$) et $cN_0 \exp(-t/\tau)$ au moment de l'illumination fugace S produite un temps t après l'excitation. Ainsi la brillance à ce moment et la valeur de S ne dépendent que de t et c, non de Θ.

Notons que si le mode de rentrée des électrons de phosphorescence dans les centres avait un caractère « bimoléculaire », l'indépendance envers θ n'aurait pas lieu.

La décroissance exponentielle de S avec la dose extinctrice n'est pas susceptible d'une interprétation théorique simple, les phénomènes dépendant du mode d'absorption de la lumière extinctrice, de la façon dont se comportent les électrons perturbés sous les X et de l'extinction produite par les X eux-mêmes.

Nous avons envisagé d'autres mécanismes possibles pour expliquer cette extinction, mais nous avons dû les rejeter. On peut supposer que l'irradiation jaune créerait des centres poisons; mais alors l'extinction lorsque l'irradiation précède l'excitation s'observerait non seulement sur l'illumination fugace, mais aussi sur les phénomènes ordinaires de phosphorescence, ce qui n'a pas lieu. On peut également remarquer que les pièges très profonds ne peuvent être vidés par le champ électrique et suggérer que l'effet des radiations jaunes serait d'amener les électrons de préférence dans ces pièges (il ne s'agirait pas alors réellement d'une extinction). Mais en ce cas on n'explique pas l'effet de l'irradiation précédant l'excitation.

DÉCHARGE DANS LES GAZ. — *Retards disruptifs dans l'azote et l'hydrogène comprimés.* Note de M. **André Boulloud**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'étude du retard disruptif moyen dans l'azote et l'hydrogène comprimés montre que, à côté de l'émission froide proprement dite, les phénomènes particuliers d'émission présentés par les cathodes couvertes d'oxyde ou de minces particules isolantes jouent un rôle déterminant dans l'origine des germes de la décharge.

Les recherches sur le retard disruptif par le dénombrement des étincelles passant en un temps donné entre deux plateaux parallèles de métaux différents, suivant leur polarité, pour une même tension continue et une même pression (1), ont été étendues à l'azote et à l'hydrogène de pureté commerciale.

Dans l'azote, souillé principalement d'oxygène, les résultats, pour des pressions comprises entre 5 et 12,6 kg/cm² et des champs électriques de 17 à 39 KV/mm, sont tout à fait analogues à ceux déjà trouvés dans l'air.

Dans l'hydrogène, le classement des métaux suivant le nombre croissant d'étincelles obtenues lorsqu'ils sont cathodes, se trouve quelque peu modifié. Pour des pressions de 9 à 17,5 kg/cm² et des champs électriques de 14,5 à 28 KV/mm, on n'a pas relevé de différence importante entre l'acier inoxydable à 18 % Cr et 8 % Ni, l'acier doux et le cuivre électrolytique, et les cathodes d'acier doux semblent donner un peu moins d'étincelles que celles de cuivre, en accord avec les potentiels d'extraction respectifs de Fe (4,77 V) (2) et de Cu (4,46 V) (3). Les cathodes d'aluminium, par contre, donnent nettement plus d'étincelles que les précédentes.

Or dans l'azote impur, tout comme dans l'air, l'acier doux se révèle bien meilleur émetteur d'électrons que l'acier inoxydable et le cuivre, et au bout de quelques centaines d'amorçages, on observe, en même temps que des traces visibles d'oxydation, un courant permanent pouvant dépasser une dizaine de microampères. L'aluminium se comporte de manière identique dans les mêmes gaz, sauf que l'oxydation des cratères laissés par les étincelles n'est visible qu'au microscope. Dans l'hydrogène, au contraire, on n'a pas observé de courant (l'appareillage utilisé ne permettant pas toutefois de détecter les courants inférieurs à 10^{-7} ampère), et, bien que le gaz contienne aussi une faible quantité d'oxygène, l'observation microscopique ne révèle pas d'oxydation des cratères; on sait du reste que l'étincelle libère de l'hydrogène atomique aux propriétés réductrices bien connues.

L'émission particulièrement intense d'électrons par certaines cathodes paraît donc liée à leur oxydation; mais les deux phénomènes ne coexistent pas

---

(1) A. Boulloud, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 514.

(2) E. Bauer et M. Surdin, *Tables ann. Const. et Donn. Num.* (Paris, 1941).

(3) P. Anderson, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 388.

nécessairement. C'est ainsi que le cuivre se couvre dans l'air et l'azote impur de Cu_2O et même, par endroits, de CuO, sous l'effet des étincelles, sans que la fréquence des amorçages en paraisse affectée. On constate seulement que chaque amorçage tend alors à être suivi d'une succession ininterrompue d'étincelles se déplaçant rapidement à la surface des électrodes.

On est ainsi conduit à attribuer l'origine des germes de la décharge, en plus de l'émission froide proprement dite, résultant du champ électrique appliqué ([1]), aux phénomènes particuliers d'émission, de caractère non thermionique, présentés par les cathodes recouvertes d'oxyde ou de particules isolantes ([4]). L'interprétation de ces phénomènes met en jeu des mécanismes variés et encore mal départagés :

dans le cas d'oxydes conducteurs ou semi-conducteurs, les aspérités microscopiques des électrodes peuvent être le siège de minuscules décharges couronne ([5]). Cette explication est particulièrement vraisemblable dans le cas de l'acier ordinaire, dont la surface de l'oxyde présente, à cette échelle, un relief tourmenté;

dans le cas des cathodes recouvertes d'oxyde isolant (Al_2O_3), la surface de celui-ci se trouve portée, sous l'effet des ions qui s'y accumulent, à un potentiel élevé, et la production intense d'électrons peut être attribuée soit à une rupture diélectrique de l'isolant ou du gaz contenu dans les pores de ce dernier ([6]), soit, lorsque l'épaisseur de l'oxyde est de l'ordre du micron, à l'accroissement de l'émission froide du métal sous-jacent dû au champ électrique considérable régnant dans l'isolant ([7]), ([8]), ([9]).

RADIOACTIVITÉ. — *Autoradiographie par neutrons. Dosage séparé de l'uranium et du thorium dans les minéraux*. Note de Mmes **Irène Curie** et **Henriette Faraggi**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'autoradiographie par rayons α avec détection au moyen d'émulsions nucléaires a été proposée pour étudier la répartition des faibles quantités d'uranium et de thorium contenues dans les roches ([1]). N étant le nombre de rayons par centimètre carré et par seconde comptés dans l'émulsion (étant

---

([4]) F. Llewellyn Jones, *Proc. Phys. Soc. Sect.*, B, 62, 1949, p. 366.

([5]) A. H. Howell, *Electr. Engng.*, 58, 1939, p. 193.

([6]) M. Pauthenier, L. Demon et E. Laurent, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1219 et 1339.

([7]) J. Mühlenpfordt, *Z. Phys.*, 108, 1938, p. 698.

([8]) L. Malter, *Phys. Rev.*, 50, 1936, p. 48.

([9]) H. Paetow, *Z. Phys.*, 111, 1939, p. 770 et 117, 1940, p. 399.

([1]) I. Curie, *J. Phys.*, 11, 1946, p. 313.

admis qu'un rayon ne peut être compté que si son parcours dépasse $0^{cm},5$ dans l'air) on a, pour une roche de densité d, ayant un pouvoir de ralentissement $1/K$ par rapport à l'air, contenant C_U gramme d'uranium et C_{Th} gramme de thorium par gramme de roche

$$N = 10^4 Kd[8,65\, C_U + 2,57\, C_{Th}]. \qquad (1)$$

En étudiant le granite par cette méthode on a pu voir que l'activité est surtout concentrée dans des inclusions ([2]).

Pour déterminer séparément les teneurs en U et en Th, une deuxième relation est nécessaire. La sélection des traces les plus longues dues au Th C′ ([1]) ou l'autoradiographie à travers des écrans d'épaisseurs variables ([3]) ont été proposées. Ces méthodes sont pénibles et peu précises. Nous avons utilisé, avec de bons résultats, l'autoradiographie par neutrons

Le thorium ne subit la fission que par les neutrons rapides; par suite, si l'on expose dans un flux de neutrons thermiques un échantillon de roche maintenu en contact étroit avec une émulsion nucléaire, on observera dans l'émulsion des traces de fission dont la répartition et l'intensité permettront de déterminer la répartition et la concentration de l'uranium seul. Cette méthode de dosage de l'uranium est indépendant de l'état d'équilibre de la roche, que les autres méthodes admettent implicitement et qui n'est pas toujours réalisé. C_U étant ainsi connu, l'autoradiographie α permettra la détermination de C_{Th} par différence.

Compte tenu de l'absorption des fragments de fission et du fait que deux fragments sont émis en direction opposée dans chaque fission, C_U est donné par la relation

$$C_U = \frac{A}{N}\frac{1}{\sigma}\frac{1}{Kd(x-\rho)}\frac{2n}{F}, \qquad (2)$$

où A est la masse atomique de l'uranium, N le nombre d'avogadro, σ la section efficace de fission, x le parcours moyen des rayons de fission dans l'air, ρ le parcours minimum dans l'air d'un fragment de fission mesurable dans l'émulsion, n le nombre de fissions mesuré par centimètre carré, F le flux de neutrons par centimètre carré. On admet que K est le même pour les rayons α et les fragments de fission.

Afin d'empêcher l'apparition des trajectoires dues aux rayons α des radioéléments ou celles qui viendraient des réactions (n, α), au cas où les roches

---

([2]) Mme Hée, *Ann. Géo. Phys.*, 4, 1948, p. 242; Coppens, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1218; *Bull. Soc. Minéralogie*, 73, 1950, p, 217; Picciotto, *Bull. Soc. Belge Géol.*, 58, 1949, p. 76.

([3]) Chatterjee et Dhar, *Ind. J. Phys.*, 24, 1950, p. 346.

contiendraient du bore ou du lithium, même en faible proportion, les émulsions irradiées à la pile sont placées pendant 1 heure 30 minutes dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau oxygénée à 60 volumes. Elles subissent ensuite un développement superficiel (révélateur 1 D 19 15 %, 15 minutes). On utilise des émulsions minces à grain fin (type D 1, 50^{μ}) pour limiter au minimum le voile général dû aux γ de la pile et aux radioactivités secondaires induites dans l'émulsion (4).

Nous avons d'abord étudié un minerai riche en uranium et ne contenant pas de thorium, l'autunite qui contient 49 à 56 % d'uranium. Le facteur K a été calculé d'après la composition de la roche. Le nombre de rayons comptés correspond à la concentration en uranium. Le nombre de rayons de fissions produit dans une irradiation par neutrons a paru d'abord anormalement faible. Ceci vient de ce que le traitement à l'eau oxygénée supprime les extrémités des fragments de fission qui sont peu ionisantes. Il en résulte que le terme $x - \rho$ est très petit : sa valeur moyenne évaluée d'après les expériences sur l'autunite n'est que de $0^{cm},64$.

Se basant sur ce résultat on a déterminé la concentration en uranium et en thorium d'une thorite. Pour ce minerai, on a trouvé pour deux échantillons, respectivement 2,5 et 3 % d'uranium, 50 et 33 % de thorium, ce qui est compatible avec les valeurs admises pour ce minerai. Il n'en est pas de même pour les euxénites; les valeurs obtenues pour quatre échantillons varient entre 4,5 et 9 % d'uranium et 8 et 23 % de thorium; la teneur en uranium correspond à ce qui est généralement admis (3 à 9 %), mais la teneur en thorium est très supérieure à la valeur admise qui est inférieure à 4 %. Une étude minéralogique de ces échantillons est souhaitable.

La précision des mesures de C_U est de l'ordre de 6 %. La précision de mesure de C_{Th} obtenue par différence, est d'autant plus faible que la proportion de thorium est plus faible.

L'état actuel des techniques de désensibilisation et de développement ne permet pas de recevoir dans les émulsions nucléaires des flux supérieurs à 10^{12} neutrons/cm^2 (4), ce qui limite à 10^{-4} g/g de roche les teneurs en uranium décelables par ce procédé. Les teneurs des granits sont de l'ordre de 10^{-5}. Toutefois, les inclusions contiennent des concentrations de U et Th beaucoup plus fortes, de sorte que l'on peut espérer déterminer pour certaines d'entre elles le rapport uranium-thorium, et distinguer sans ambiguïté les « inclusions à uranium » des « inclusions à thorium ». De telles études sont actuellement en cours.

---

(4) FARAGGI, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1475.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mesures cryoscopiques, en solution diluée, sur l'émétique et sur certains composés tartro-antimonieux*. Note (*) de M. **Maurice Girard** et Mlle **Madeleine Barboux**, présentée par M. Marcel Delépine.

Pour exprimer par un nombre entier de molécules l'eau de cristallisation de l'émétique ordinaire ou antimoniotartrate acide de potassium : $C_4H_4O_7SbK$, $1/2\,OH_2$, on est facilement tenté de doubler la masse moléculaire de ce complexe. Cette interprétation se montre d'ailleurs en parfait accord avec diverses déterminations cryoscopiques prouvant l'existence de deux ions potassium et d'un gros anion formé de deux restes tartriques et de O_3Sb_2.

En particulier, Kahlenberg (1) observe un abaissement cryoscopique inférieur au chiffre théorique attendu pour la masse moléculaire simple de l'émétique, dissociée en un ion complexe et un ion potassium.

G. Michel (2), par la méthode de surfusion, trouve comme limite d'abaissement moléculaire de la température de congélation : $(\Delta\theta/m)_0 = K_0$, une valeur égale à la moitié de la constante de l'eau (1,86) en opérant dans l'eutectique avec NO_3K, et égale aux 3/2 de cette même constante pour la solution aqueuse. Ainsi, à côté de l'anion commun $(C_4H_4O_7Sb)_2$, apparaissent dans l'eau les deux ions K^+.

Mais déjà H. Reihlen et E. Hezel (3) avaient montré, sans toutefois préciser mieux, que le chiffre 3/2 ne représentait pas pour K_0 une valeur limite.

En reprenant l'étude cryoscopique avec une technique et un appareillage beaucoup plus précis, nous avons pu prouver que le mode de dissociation de l'émétique envisagé plus haut n'était plus exact, tout au moins en solution diluée. En effet les courbes $\Delta\theta/m = f(m)$ sont d'abord très inclinées sur l'horizontale, puis, le coefficient d'activité croissant très rapidement avec la dilution, les courbes se relèvent considérablement. La détermination de K_0 par extrapolation ne peut donc avoir de sens exact que pour de très faibles valeurs de m. Ce sont précisément les conditions expérimentales que nous avons pu réaliser, grâce à l'appareillage et à la technique de Y. Doucet (4), utilisant la « méthode d'équilibre » seule irréprochable : Un récipient cryoscopique adiabatique renferme la solution et des cristaux du solvant. Quand la température est stable, on fait un prélèvement dont on détermine la concentration. Les températures, transmises par un couple thermoélectrique possédant une centaine de

(*) Séance du 12 février 1951.

(1) *Z. f. Phys. Ch.*, 17, 1895, p. 605.

(2) *Diplôme d'études supérieures* (*Sciences*), Paris, 1948.

(3) *Ann. Chem.*, 487, 1931, p. 213.

(4) *Thèse Doct. Sciences*, Paris, 1942.

soudures, sont enregistrées par un potentiomètre donnant le 1/2 μV. Les mesures ont été réalisées jusqu'à des concentrations de 0,5.10⁻³ mol/l.

Voici les courbes obtenues avec l'émétique : la courbe $\Delta\theta/m = f(\sqrt{m}.10^{-2})$ permet une facile extrapolation. La courbe en pointillé correspond aux résultats de G. Michel (*loc. cit.*).

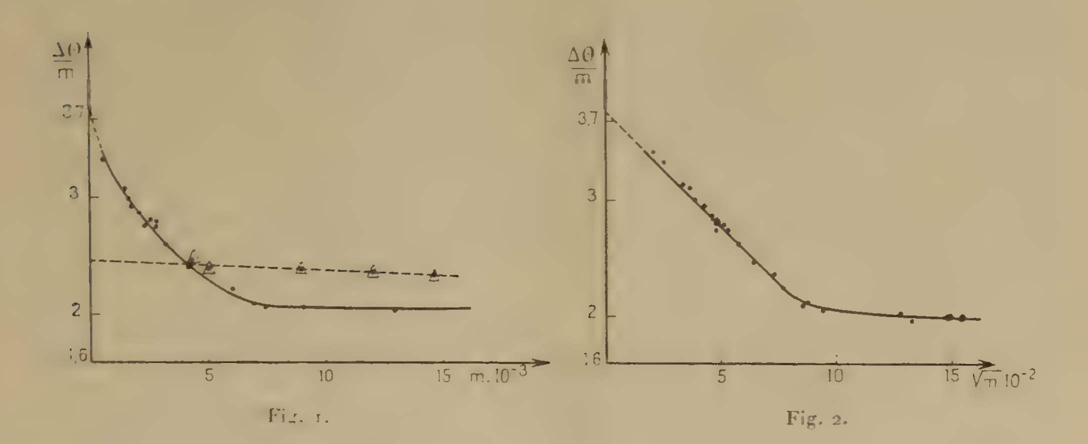


Fig. 1. Fig. 2.

Par extrapolation on détermine $K_0 = (\Delta\theta/m)_0 = 3,76$, valeur sensiblement le double de celle de la constante de l'eau 1,86. En solution très diluée, l'émétique se dissocie donc en deux ions seulement $(C_4H_4O_7Sb)^-$ et K^+, et, dans ces conditions, il n'y a plus lieu de doubler son poids moléculaire.

Pour élargir cet intéressant résultat, nous avons effectué, en outre, la cryoscopie du composé décrit par J. Bougault [5] comme étant l'anhydride tartro-antimonieux et dont la dissolution aqueuse devrait logiquement conduire à l'acide correspondant. Nous constatons, en effet, que les courbes ont la même allure que dans les cas de l'émétique, indiquant seulement une dissociation d'abord plus pénible, mais qui croît ensuite rapidement avec la dilution. Il semble alors logique d'admettre, en solution diluée, l'existence de l'acide tartro-antimonieux $(C_4H_4O_7Sb)^-H^+$.

L'allure des courbes cryoscopiques reste encore la même si l'on s'adresse cette fois au composé cristallisé obtenu en traitant par de la pyridine « l'anhydride tartro-antimonieux ». L'extrapolation donne $K_0 = 3,82$, et montre l'existence de deux ions, comme si dans l'acide tartro-antimonieux la pyridine se substituait au potassium de l'émétique.

---

(5) *J. Pharm. Chim.*, **23**, 1906, p. 321.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les effets thermiques accompagnant l'adsorption. I. Application à la mesure de la surface des poudres.* Note (*) de M. **Édouard Calvet**, présentée par M. Paul Pascal.

Depuis 1938 ([1]) nous effectuons *l'enregistrement microcalorimétrique des débits de chaleur en fonction du temps* ([2]), au cours de l'adsorption des liquides par de nombreux solides solubles ou insolubles. Nous avions surtout pour but l'étude du mécanisme de la dissolution des cristaux ou de la gélatinisation des hauts polymères. Mais les enregistrements correspondant à *l'adsorption très lente* d'un liquide à partir d'un corps sec ont fait apparaître un phénomène remarquable que nous n'avons pu interpréter que récemment : *il existe sur la courbe enregistrée une discontinuité brutale correspondant à la fin de la formation du film monomoléculaire.* On en déduit une méthode très simple et nouvelle pour mesurer la *surface réelle* d'un corps pulvérulent (sans qu'il soit nécessaire de le dégazer) et qui apporte quelques précisions sur le mécanisme de l'adsorption ([3]).

Nous avons appliqué aux corps insolubles, notre mode opératoire déjà utilisé pour l'étude de l'adsorption des solvants par les corps solubles ([4]) : on place dans la cellule du microcalorimètre le liquide et l'adsorbant à faible distance l'un de l'autre afin de laisser adsorber lentement la vapeur du premier par le second. L'adsorbant est placé dans un tube disposé au centre de la cellule et fermé par un robinet commandé de l'extérieur, qui met à volonté en communication l'adsorbant avec la vapeur du liquide.

L'effet thermique global que l'on mesure résulte de la vaporisation du liquide et de sa condensation sur le corps adsorbant. On mesure donc *directement la chaleur de fixation du liquide sur l'adsorbant.*

La méthode est applicable aux corps solubles et insolubles. Elle nous avait déjà permis *l'étude au ralenti* de la dissolution et de la gélatinisation ([4]).

Résultats relatifs aux corps insolubles. — Nous avons d'abord opéré avec un échantillon d'anatase (TiO_2) en poudre dont la surface était bien connue. C'est précisément l'échantillon utilisé par F. Laporte dans sa thèse (Paris, 1949) sur la mesure énergétique des surfaces par la méthode de mouillage d'Harkins et Jura ([5]). La courbe débits thermiques-temps correspondant à l'adsorption d'eau par la poudre desséchée (mais non dégazée) fait apparaître un brusque changement de pente pour une adsorption de 0,24 % d'eau (l'expérience faite

---

(*) Séance du 26 février 1951.

([1]) *J. Chim. Phys.*, 35, 1938, p. 69-79.

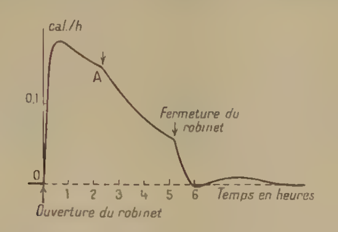
([2]) Ces courbes enregistrées doivent être corrigées pour donner rigoureusement les débits thermiques en fonction du temps. Nous savons faire ces corrections; mais nous n'utiliserons ici que les courbes non corrigées qui nous suffisent pour le but poursuivi.

([3]) Le cas des corps solubles sera examiné dans une prochaine Note.

([4]) E. Calvet, *Mémorial des Services Chimiques de l'État*, 32, 1946, p. 168-219.

([5]) *J. Am. Chem. Soc.*, 12, 1944, p. 2-66.

à 17° C, dans l'air, doit être réalisée *très lentement* pour faire nettement apparaître cette discontinuité) (*fig.* 1). Comme on connaît l'encombrement de la molécule d'eau (10,6 Å^2), on en déduit la valeur de l'aire occupée par le film monomoléculaire (nous trouvons 8,5 m^2/g; F. Laporte avait trouvé 9,6 m^2/g).



Nous avons réalisé les mêmes expériences avec des échantillons d'alumine (bœhmite et hydrargillite) dont les surfaces avaient été mesurées préalablement par la méthode Brunauer, Emmett et Teller et par une autre méthode (adsorption d'acide stéarique en solution dans le benzène). Les courbes enregistrées présentent des discontinuités très nettes qui permettent de retrouver à moins de 5 % près les résultats fournis par les autres méthodes classiques.

Avantages de cette méthode. — La méthode Harkins et Jura nécessite un dégazage poussé par chauffage à 400-500° dans le vide. La possibilité d'opérer dans l'air sur une substance simplement desséchée donne à notre méthode un intérêt évident. D'autre part, le mouillage d'Harkins et Jura ne peut avoir lieu qu'après adsorption jusqu'à saturation. La surface mouillée n'est donc plus la *surface réelle* contrairement à ce que donnent la méthode B. E. T. et la nôtre.

Conséquences relatives à la formation du film monomoléculaire. — La poudre adsorbante étant placée dans un tube cylindrique étroit, dont le diamètre est environ le 1/10 de la hauteur, on peut penser que la partie supérieure de la substance adsorbe plus d'humidité que la partie inférieure. C'est bien ce qui se produit si le robinet qui met en communication l'adsorbant avec la vapeur du liquide est largement ouvert. Dans ce cas, la courbe enregistrée montre que le débit de chaleur est une fonction décroissante du temps. La pente négative de cette courbe est d'autant plus grande que le robinet est plus ouvert. On observe cependant toujours la discontinuité pour la fin de la formation du film monomoléculaire. Mais elle correspond alors à une valeur trop grande de la surface puisque la partie supérieure du tube contient plusieurs couches de molécules tandis que la partie inférieure n'en contient qu'une. Si, au contraire, le robinet ne présente qu'une ouverture assez faible, on enregistre un palier terminé par la brusque discontinuité. Dans ce cas, on trouve très correctement l'aire cherchée. L'explication est la suivante :

Le film monomoléculaire s'étend de grain à grain avec une certaine vitesse qui n'est pas infinie. Lorsque cette vitesse d'expansion est plus grande ou au moins égale à celle de l'arrivée des molécules adsorbées, il n'y a aucune accumulation

à la partie supérieure du tube et le débit de chaleur reste sensiblement constant.

Pour faire une mesure correcte il faut donc régler le robinet, de manière à obtenir un débit de chaleur uniforme jusqu'à la discontinuité marquant la fin de la formation du film monomoléculaire. On peut ainsi, en opérant à la limite de l'obtention du palier, avoir une idée de la vitesse d'expansion de ce film.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Relation entre les vibrations atomiques des métaux à l'état solide et leur chaleur de fusion.* Note (*) de M. **Léon Jollivet**, présentée par M. Albert Portevin.

On sait que les vibrations atomiques sont étroitement liées à la chaleur spécifique des solides (théories de Einstein et de Debye) et à la température de fusion (formule de Lindeman). Nous allons montrer qu'il existe une relation simple entre les vibrations atomiques des métaux à l'état solide et leur chaleur de fusion.

Soient H la chaleur de fusion (en calories-grammes par atome-gramme) et ν la fréquence limite des vibrations atomiques du solide.

Pour un atome-gramme le quantum d'énergie correspondant est $(Nh\nu)$ ergs ou $(Nh\nu/4{,}185.10^7)$ cal-g.

$$N = 6{,}02.10^{23}, \qquad h = 6{,}62\cdot 10^{-27} \text{ erg/sec.}$$

Nous calculons le rapport $R = H : Nh\nu/4{,}185.10^7$ pour les métaux dont le réseau est cubique à faces centrées, hexagonal compact ($c/a = 1{,}633$) ou cubique centré. Les valeurs de ν sont obtenues de trois façons différentes :

1° à partir des températures caractéristiques de Debye T_d :

$$\nu_d = \frac{kT_d}{h} = 2{,}083.10^{10}\,T_d;$$

2° par la formule de Lindeman $\nu_L = 2{,}8.10^{12}\sqrt{T_f/AV^{2/3}}$ (T_f, température absolue de fusion; A, V, masse et volume atomiques);

3° à partir de la vitesse du son V et du paramètre des cristaux a par les relations $\nu_S = V/a\sqrt{2}$ (cube faces centrées) ou $\nu_S = V/2a$ (système hexagonal compact).

En réalité la vitesse correspondant aux fréquences élevées des vibrations atomiques est inférieure à la vitesse du son. Les valeurs de ν_S sont donc trop grandes, et les rapports R qu'on en déduit sont trop faibles.

Dans le tableau suivant, $R(\nu_D)$ $R(\nu_L)$ et $R(\nu_S)$ représentent respectivement les valeurs du rapport R calculées avec les fréquences ν_D ν_L ν_S. Le nombre n de la dernière colonne est le nombre quantique principal du niveau externe de l'atome.

(*) Séance du 26 février 1951.

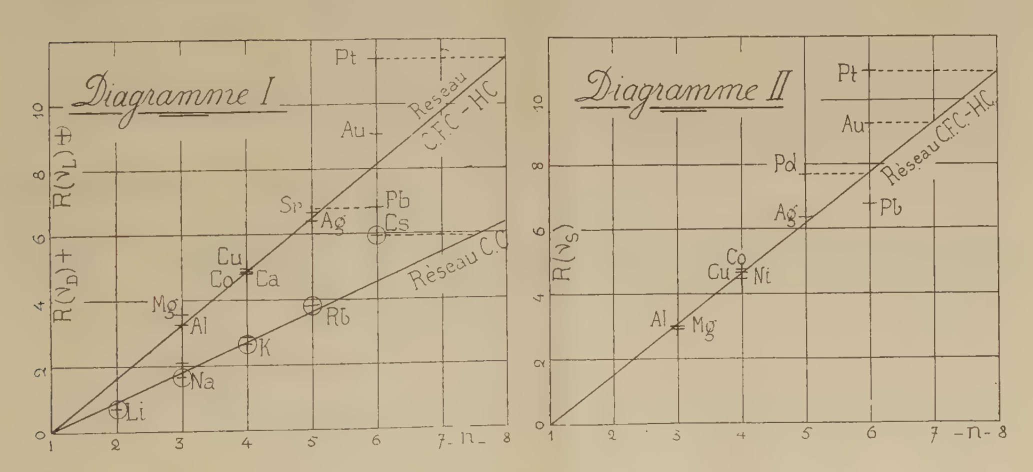
Réseaux cubiques à faces centrées et hexagonal compact.

Éléments.	T_D (1).	$\nu_D.10^{-12}$.	$\nu_S.10^{-12}$ (3).	H (2).	R(ν_D).	R(ν_S).	*n*.
Al.........	390	8,12	8,93	2520	3,25	2,95	3
Mg.........	290	6,04	7,2	2070	3,59	3,01	3
Ca.........	230	4,79	–	2230	4,88	–	4
Co.........	385	8,04	8,2	3700	4,84	4,74	4
Cu.........	315	6,56	7,05	3110	4,98	4,64	4
Ni.........	–	–	10	4230	–	4,44	4
Ag.........	215	4,48	4,5	2730	6,39	6,33	5
Sr.........	170	3,54	–	2240	6,65	–	5
Pd.........	–	–	5,46	4000	–	7,69	5
Au.........	170	3,54	3,47	3060	9,08	9,27	6
Pb.........	88	1,83	1,79	1190	6,84	6,78	6
Pt.........	225	4,69	4,87	5100	11,41	10,9	6

Réseau à cube centré.

Éléments.	T_D.	$\nu_D.10^{-12}$.	$\nu_L.10^{-12}$ (3).	H.	R(ν_D).	R(ν_L).	*n*.
Li.........	–	–	10	690	–	0,72	2
Na.........	150	3,12	3,96	630	2,12	1,67	3
K.........	100	2,08	2,3	571	2,88	2,62	4
Rb.........	–	–	1,45	525	–	3,80	5
Cs.........	–	–	0,95	500	–	5,49	6

Les diagrammes I et II représentent les valeurs de R en fonction de *n*.



Sur ces diagrammes les points correspondant au même système cristallin se disposent en ligne droite jusque $n = 5$. Au delà ils se dispersent et semblent

(1) F. SEITZ, *Théorie moderne des solides* (Trad. L. DUGAS), 1949, p. 121.

(2) SMITHELLS, *Métals Référence Book.*, 1949, p. 414-418.

(3) M. C. LEWIS, *Traité de chimie physique* (Trad. VIGNERON), 3, 1922, p. 55.

correspondre à des valeurs entières de n différentes du nombre quantique principal de la couche externe. Ce fait est à rapprocher du chevauchement des niveaux d'énergie qui devient alors important.

Les droites des diagrammes correspondent à la relation

$$H = \alpha(n - 1)Nh\nu.$$

La constante α déterminée sur le diagramme 1 est égale à 1,63 pour le cube à faces centrées et le système hexagonal compact, 0,90 pour le cube centré.

Les chaleurs de fusion sont donc proportionnelles au quantum de vibration des atomes pour la fréquence maximum du réseau. Le coefficient de proportionalité comprend deux termes, l'un caractérisant la structure cristalline et l'autre le niveau d'énergie des électrons périphériques de l'atome.

RADIOCHIMIE. — *Micro-synthèse de benzacridines angulaires marquées par du carbone radioactif C14.* Note (*) de Mme **Pascaline Daudel**, Mlles **Monique Flon** et **Andrée Cheutin**, MM. **Roland Muxart**, **N. P. Buu Hoï**, **Bernard Eckert** et **Nguyen Hoan**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

On décrit une méthode permettant la microsynthèse de benzacridines angulaires mésosubstituées marquées par du carbone radioactif sur le carbone en position méso.

On sait que les benzacridines angulaires substituées en position méso par des radicaux méthyles présentent un grand intérêt en raison de leur pouvoir cancérigène intense [1]. Il était donc intéressant d'étudier la synthèse de composés de ce genre dans la molécule desquels on introduirait un atome de carbone radioactif, afin d'utiliser de telles substances marquées, pour la recherche du métabolisme des cancérigènes.

Dans le présent travail nous décrivons une méthode qui permet d'obtenir, à partir de quelques milligrammes d'acétate de sodium radioactif ($CH_3-CO_2^*Na$) des substances telles que la 3.10-diméthyl-5.6-benzacridines (I) et la 3.10-diméthyl-7.8-benzacridine (II):

(I)

(II)

(*) Séance du 26 février 1951.

(1) *Voir* A. Lacassagne, N. P. Buu Hoï, J. Lecoq et G. Rudali, *Bull. du Cancer*, 33, 1946, p. 48; 34, 1947, p. 22.

composés dont les propriétés biologiques ont déjà été étudiées par Lacassagne et ses collaborateurs ([2]). La réaction utilisée est celle de Bernthsen, modifiée par l'un de nous ([3]) : elle consiste à condenser une N-arylnaphtylamine convenable avec l'acétate de sodium radioactif en présence de chlorure de zinc fondu et d'une petite quantité d'acide chlorhydrique.

Dans un tube en pyrex on chauffe à 190° à l'aide d'un four thermostatique pendant 20 heures, un mélange de 25^{mg} d'acétate de sodium radioactif; 4/100 de centimètre cube d'acide chlorhydrique concentré 22° B; 120^{mg} de chlorure de zinc fondu; 40^{mg} de l'amine correspondant à la benzacridine désirée.

Après refroidissement, on neutralise par un excès de soude (environ 200^{mg} de soude dans 2^{cm^3} d'eau) en présence de 1^{cm^3} de toluène. On voit apparaître un précipité minéral et la phase toluénique se colore en brun foncé.

On centrifuge et l'on prélève le toluène qui renferme la benzacridine. La solution toluénique est alors évaporée par chauffage au bain-marie et sous un léger vide.

Le résidu organique est traité au réfrigérant à reflux pendant 15 heures par de l'éther de pétrole.

Les différents constituants de la solution obtenue sont ensuite séparés par chromatographie sur une colonne d'alumine préalablement préparée dans l'éther de pétrole. La benzacridine se trouve au haut de la colonne et se repère aisément en raison de sa fluorescence jaunâtre en lumière de Wood. Elle surmonte une substance donnant une fluorescence bleue. On coupe la colonne à la frontière de ces deux fluorescences et l'on procède a l'élution de la benzacridine en faisant bouillir l'alumine obtenue, d'abord dans l'éther de pétrole et ensuite dans le benzène. La solution d'éther de pétrole et la solution benzénique sont évaporées isolément et laissent cristalliser quelques milligrammes de benzacridine radioactive.

Cette méthode a été utilisée dans le cas de la 3.10-diméthyl 5.6-benzacridine, et l'on a contrôlé spectroscopiquement la pureté des deux produits ainsi obtenus. La benzacridine cristallisée dans l'éther de pétrole est plus pure (99 %) que celle cristallisée dans le benzène.

La benzacridine ainsi synthétisée possède un atome de carbone radioactif en position 10, et doit être utilisée pour l'étude de son métabolisme chez la Souris, sous la direction de M. le professeur Lacassagne.

Signalons enfin que de multiples précautions ont été prises pour éviter les dangers du maniement du radiocarbone.

([2]) A. Lacassagne, N. P. Buu Hoï et G. Rudali, *Brit. J. exp. Path.*, 26, 1945, p. 5.

([3]) N. P. Buu Hoï et J. Lecocq, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 792; N. P. Buu Hoï, *J. Chem. Soc.*, 1946, p. 792; 1949, p. 670.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Détermination du coefficient d'activité d'une solution saturée d'un électrolyte fort, peu soluble, par des mesures de solubilité.* Note de M. **Paul Hagenmuller**, présentée par M. Paul Pascal.

Soient m et f les valeurs rapportées à 1000g de solvant de la solubilité et du coefficient d'activité moyenne à saturation d'un électrolyte fort $A^{\alpha}B^{\beta}$, à force ionique μ. Nous appelons m_0 et f_0 les quantités correspondantes dans une solution contenant $A^{\alpha}B^{\beta}$ en l'absence de tout autre corps.

Le produit des activités ioniques de $A^{\alpha}B^{\beta}$ est constant en présence de la phase solide de composition $A^{\alpha}B^{\beta}$. D'où

$$\log m + \log f = \log m_0 + \log f_0.$$

L'étude de la solubilité de $A^{\alpha}B^{\beta}$ en présence de quantités variables d'un autre électrolyte permet de construire une courbe $\log m = \varphi(\sqrt{\mu})$. Si m_0 est suffisamment faible, nous obtenons par extrapolation dans la zone de grande dilution une valeur $\log m_1$ correspondant à $\mu = 0$, telle que

$$\log f_0 = \log m_1 - \log m_0.$$

La relation de Debye et Hückel (¹) permet de déterminer par le calcul la pente de la tangente à l'origine et facilite l'extrapolation.

Application. — Nous avons utilisé cette méthode qui nous semble nouvelle pour obtenir le coefficient d'activité moyenne du perchlorate de potassium dans l'eau pure à 25° en présence de corps de fond.

La force ionique des solutions est rendue variable par addition successive de chlorure, nitrate ou sulfate de sodium, de chlorure ou nitrate de baryum.

L'extrapolation des courbes $\log m = \varphi(\sqrt{\mu})$ au delà du point M_0 correspondant à une solution saturée de perchlorate de potassium dans l'eau pure se fait selon un segment de droite dont la pente $A = 0{,}358$ est en accord avec la formule de Debye et Hückel (*figure*).

Le point M_1 relatif à la solution de dilution infinie donne $\log m_1 = -1{,}018$. Le coefficient d'activité moyenne f_0 relatif à une solution pure saturée s'en déduit $f_0 = 0{,}649$ ($\log f_0 = -0{,}188$).

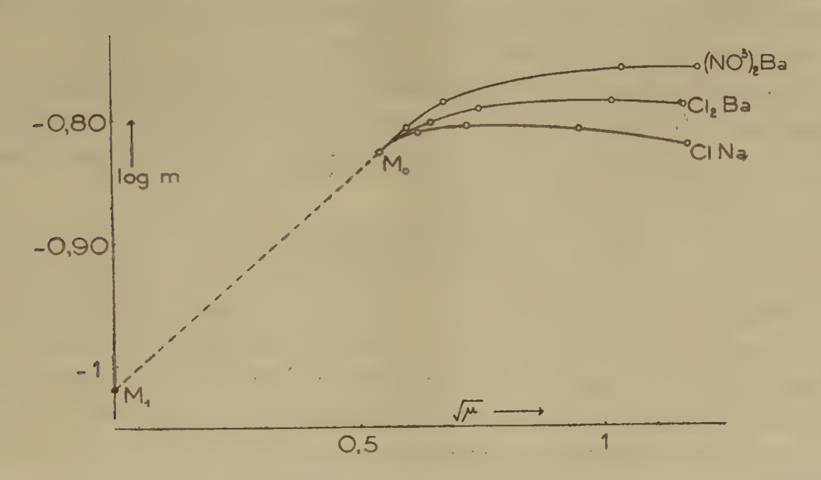
Cette valeur est très voisine de celle que donne à la molalité m_0 l'extrapolation des coefficients d'activité déterminés en solution diluée par cryométrie ($f_0 = 0{,}645$) (²).

En présence d'un sel homoionique (perchlorate de sodium) nous obtenons une valeur identique pour f_0 à condition de substituer à m le produit de solubilité molaire.

(¹) *Physik. Z.*, 24, 1923, p. 185.

(²) G. Scatchard, S. S. Prentiss et P. T. Jones, *J. Amer. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 809.

Nous avons calculé la distance moyenne d'approche (a) à saturation à l'aide de la relation de van Rysselberghe et Eisenberg ([3]) qui, exprimant les forces de répulsion ioniques par le covolume de van der Waals, relie avec une approximation, suffisante en général, coefficient d'activité et distance moyenne



d'approche en solution concentrée : $a = 0{,}48$ Å. Le même procédé appliqué aux valeurs de f obtenues par cryométrie donne pour le cas-limite de la solution eutectique : $a = 2{,}45$ Å. Les valeurs obtenues sont cohérentes, mais pourront paraître faibles. Nous pensons que le sel étant peu hydraté en solution, la distance moyenne d'approche est réduite. Cette explication n'exclut pas une possibilité d'imperfection de la relation utilisée.

La méthode que nous proposons se limite aux électrolytes forts, et peu solubles. Plus précise que les procédés ébulliométriques ou tonométriques couramment utilisés dans ce genre de travaux, elle est particulièrement indiquée dans le cas où l'absence de composés homoioniques insolubles exclut une détermination de force électromotrice de contact.

CHIMIE MINÉRALE. — *Combinaisons de l'urée et du chlorure mercurique.* Note de M. **Jules Lamure**, présentée par M. Paul Pascal.

En présence d'urée, l'action de la soude à froid sur une solution de chlorure mercurique ne conduit pas à la formation d'oxyde ou d'oxychlorures, mais à des combinaisons oxyde de mercure-urée. Les produits obtenus sont de nature différente suivant qu'on introduit la soude dans la solution de chlorure et d'urée ou inversement.

Un essai de détermination physico-chimique par mesure des variations de pH ou de la conductivité a été fait, mais les courbes ne présentent pas

([3]) *J. Amer. Chem. Soc.*, **62**, 1940, p. 451.

d'autre singularité que celle de la précipitation de l'oxyde de mercure et ne fournissent aucun renseignement sur les produits formés : les points d'équivalence se situant à la même place et correspondant à deux molécules de soude pour une de sel mercurique. Seule une translation des courbes vers les pH décroissants, quand on augmente le nombre de molécules d'urée, les distingue des courbes de précipitation en absence d'urée.

On a toujours opéré en présence d'une quantité d'urée double du nombre de molécules de chlorure mercurique dont la concentration était supérieure à M/100, les solutions plus étendues restant presque indéfiniment troubles et la séparation devenant très laborieuse.

Introduction de la soude dans le mélange chlorure-urée. — Les produits obtenus sont toujours plus ou moins jaunes, de composition mal définie; il y a formation d'oxychlorures de mercure à côté de combinaisons avec l'urée.

Introduction du chlorure mercurique dans le mélange soude-urée. — En introduisant goutte à goutte le chlorure mercurique dans la solution de soude et d'urée, on obtient des dépôts très blancs et faciles à séparer. L'étude du système à conduit aux résultats suivants :

Composition des solutions $\frac{\text{mol. HONa}}{\text{mol. } Cl_2Hg}$.	Composition de la phase solide.		
	$\frac{\text{Urée}}{Hg^{++}}$.	$\frac{Cl^-}{Hg^{++}}$.	—
≤ 1	0,33–0,35	0,68–0,65	Urée, 2OHg, Cl_2Hg (A)
1 à 2..........	–	–	Mélanges de A et B
≥ 2..........	0,47–0,49	0–0,1	Urée, 2OHg (B)

Il était prévisible que lors de la précipitation de ces produits, l'oxyde mercurique se forme en premier lieu et se combine ensuite à l'urée. On a donc étudié l'action des solutions d'urée sur l'oxyde. Fraîchement préparé et non desséché, mis en suspension et agité dans une solution d'urée contenant plus d'une molécule pour deux d'oxyde, il reste inaltéré en milieu neutre, mais se combine rapidement si la solution est rendue alcaline jusqu'à pH 10-11 par une faible quantité de soude. Il reste alors une poudre blanche peu soluble, formée de petits cristaux incolores et transparents, non biréfringents, d'aspect cylindrique, souvent groupés en macles, infusibles sans décomposition, celle-ci débutant peu au-dessus de 100°. L'analyse des eaux mères montre que l'ion sodium se retrouve entièrement en solution et que l'urée a diminué.

La composition de la phase solide correspond à : urée, 2OHg (calculé %, Hg 73,3; N 5,67; trouvé %, Hg 72,9; N 5,5).

Les acides minéraux la dissolvent sans détruire sa structure, mais conduisent à un sel : urée, 2OHg, X_2 à partir duquel on peut retrouver le produit primitif par addition d'un excès de soude. Cette dernière, même concentrée, est sans action à froid sur elle, mais la décompose un peu par ébullition prolongée.

Enfin, agité dans une solution de chlorure mercurique, ce produit fixe rapidement le sel et prend la composition : urée, 2OHg, Cl_2Hg, dont le chlore précipite entièrement par le nitrate d'argent et dont seulement un sur trois des atomes de mercure est précipitable par la soude et par l'iodure de potassium (calculé %, Hg 78,7; Cl 9,29; N 3,66; trouvé %, Hg 78,2; Cl 9,1; N 3,4).

Le résultat de l'action de la soude sur le chlorure mercurique en présence d'urée est donc un hydroxyde de forme $CO(NH—Hg)_2(OH)_2$ capable de donner des sels avec les acides et avec le chlorure mercurique un produit d'addition différent du sel déjà connu $CO(NH—Hg)_2Cl_2$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la dissociation des sulfates de fer, de zinc et de plomb.* Note de M. **Haldun N. Terem** et Mlle **Sâman Akalan**, présentée par M. Paul Pascal.

1. L'étude de la dissociation thermique des sulfates de fer, de zinc et de plomb a été entreprise à l'aide de la balance hydrostatique de Guichard, à températures aussi bien linéairement croissantes que fixes.

a. La première série d'essais, avec une ascension de température de 240° par heure, donne une idée sur les « seuils de dissociation » des produits étudiés et nous a guidés de ce fait dans le choix des températures optima de la seconde série. Elle permet également de déceler tout composé intermédiaire formé pendant la réaction. Les *courbes mol* SO_3 *dégagé — température* de la

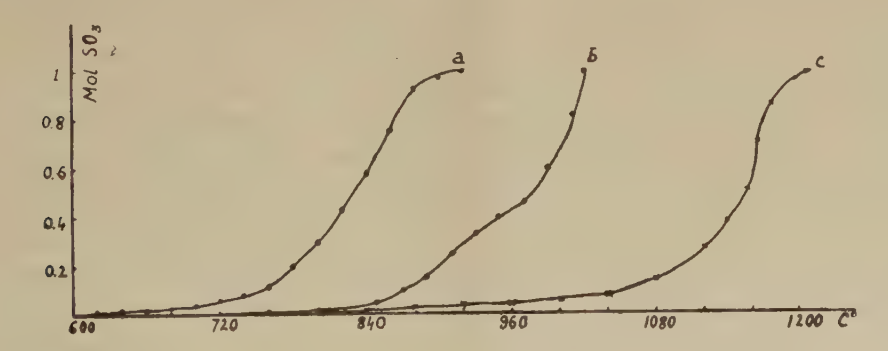


figure traduisent les résultats obtenus. Elles montrent, en particulier, que le sulfate ferrique (*a*) et le sulfate de plomb (*c*) se dissocient sans formation de produits intermédiaires. Les résultats de Hoffman et Wanjuhow [1] concernant la formation d'un sulfate basique de plomb sont ainsi infirmés. Quant au sulfate de zinc (*b*), il donne, entre 750 et 950°, naissance à un produit basique de formule $3\,ZnSO_4$, $2\,ZnO$, comfirmant, en principe seulement, les résultats de Friedrich [2], qui trouve le composé $2\,ZnSO_4$, ZnO à 840°.

---

(1) *Z. Krist.*, 55, 1915, p. 111.

(2) *Stahl u. Eisen*, 31, 1911, p. 1909.

Les « seuils de dissociation », c'est-à-dire les températures à partir desquelles les mesures peuvent être faites, varient beaucoup selon la nature du sulfate, ainsi que les températures effectives de dissociation. Ces dernières se situent entre 720 et 900° pour le sulfate ferrique, et entre 1050 et 1200° pour le sulfate de plomb. Le sulfate basique de zinc obtenu entre 850 et 950°, donne à son tour l'oxyde correspondant entre 950 et 1020°.

b. Les résultats obtenus en *a* nous ont conduits à choisir comme températures fixes d'étude 740, 760, 780 et 800°, pour le sulfate ferrique; 840, 860, 880 et 900° pour le sulfate de zinc; 960, 980, 1000 et 1020° pour le sulfate basique de zinc et enfin 1060, 1080, 1100 et 1120° pour le sulfate de plomb. k étant la pente des droites mol SO_3 *dégagé — temps* obtenues dans chaque cas et T la température absolue, nous avons :

1. Pour le sulfate ferrique :

$\frac{10^3}{T}$		$-\log k$	
0,987	0,949	1,721	1,387
0,968	0,932	1,522	1,221

2. Pour le sulfate de plomb :

$\frac{10^3}{T}$		$-\log k$	
0,75	0,728	1,657	1,236
0,739	0,718	1,455	1,013

3. Pour le sulfate de zinc :

$\frac{10^3}{T}$		$-\log k$	
0,898	0,867	1,366	1,040
0,882	0,852	1,173	0,983

4. Pour le sulfate basique de zinc :

$\frac{10^3}{T}$		$-\log k$	
0,811	0,785	0,818	0,707
0,798	0,773	0,759	0,665

Nous obtenons ainsi des droites $-\log k$, $10^3/T$ qui satisfont à la loi d'Arrhenius; d'où, pour les énergies d'activation W des réactions étudiées, respectivement : $W_1 = 36\,800^{cal}$, $W_2 = 92\,000^{cal}$, $W_3 = 50\,600^{cal}$ et $W_4 = 18\,400^{cal}$.

2. L'appareillage utilisé réalisant, jusqu'à un certain point, les conditions de travail industrielles, nous nous sommes proposé de compléter ces études en les répétant avec des mélanges de sulfates correspondant, autant que possible, à ceux obtenus par grillage des sulfures de fer, de zinc et de plomb. Voici les résultats obtenus avec quelques adjuvants :

a. Un mélange contenant 68 % Fe, 0,7 % Mn et 0,13 % S se dissocie bien plus rapidement que le sulfate ferrique pur : la réaction, qui commence dans les deux cas vers 640°, est en effet terminée à 800° pour le mélange, tandis que le sulfate ferrique ne se transforme complètement en oxyde qu'à 920°.

b. Le sulfate de zinc, correspondant à un minerai contenant 50 % Zn, 2 % Cd et 0,5 % Pb, se dissocie également plus vite que le sulfate pur, les seuils de réaction étant différents (660° pour le premier, 750° pour le second). Les fins de dissociation se situent respectivement à 980 et 1020°.

c. Un mélange contenant 8,9 % Pb, 3,3 % Zn et 28,6 % Fe accuse un seuil

de dissociation de plus de 300° plus bas que celui du sulfate de plomb pur. La réaction est également plus rapide et se trouve terminée à 800°.

III. Enfin, quelques essais ont été également faits pour déterminer l'influence d'adjuvants isomorphes sur la dissociation des sulfates étudiés. Ainsi, le sulfate de zinc, contenant 10 % de sulfate manganeux, donne une courbe de dissociation à peu près parallèle à celle du sulfate pur, mais décalée de 80° environ vers l'origine. Il est à remarquer que le palier observé dans la dissociation du sulfate pur et correspondant à la formation du produit basique $3ZnSO_4$, $2ZnO$ se retrouve ici aussi, mais à 860° au lieu de 950° dans le cas du sulfate pur.

Du sulfate de plomb, contenant 1 % de sulfate de baryum, voit également sa dissociation activée, la réaction qui commence à 920°, donc à plus haute température que pour le sulfate pur, se trouvant néanmoins terminée à 1160°.

On peut donc dire que, d'une façon générale, la dissociation des sulfates de fer, de zinc et de plomb est activée par addition d'autres sulfates, même en très petites quantités.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur la généralisation du phénomène de Portevin-Le Chatelier observée sur les courbes de traction des alliages légers.* Note (*) de M. **Aurel Berghezan**, présentée par M. Albert Portevin.

On sait que A. Portevin et F. Le Chatelier ([1]) ont observé sur des alliages industriels du type duralumin contenant ou non du magnésium, des courbes de traction anormales où l'allongement ne croît pas d'une façon continue en fonction de l'effort; il progresse par oscillations répétées, dont l'amplitude croît avec la charge jusqu'au maximum de la courbe moyenne. En outre ils ont montré que ce phénomène présente une intensité décroissante au fur et à mesure que le vieillissement de l'alliage progresse et disparaît complètement quand l'alliage cesse de durcir.

Dans cette Note nous montrerons, grâce à cette corrélation entre l'existence du phénomène Portevin-Le Chatelier et le durcissement structural, combien la cinétique de ce durcissement peut être influencée soit par la vitesse de trempe, soit par des additions à la solution solide binaire. Nous nous limiterons aux seuls faits expérimentaux et nous montrerons que le phénomène peut se généraliser à d'autres solutions solides d'aluminium.

La solution solide Al-Cu à 4 % Cu, tractionnée aussitôt après trempe à l'eau ou à l'air présente d'une façon très marquée le phénomène de Portevin-Le Chatelier. Dès les premiers instants du vieillissement, l'alliage trempé à l'air présente un plus grand nombre d'oscillations et une plus faible charge de

(*) Séance du 26 février 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 507.

rupture que l'alliage trempé à l'eau. Au fur et à mesure que le vieillissement se poursuit, le nombre des oscillations et leur amplitude diminuent très vite pour l'alliage trempé à l'eau, cependant que la charge de rupture croît au même rythme que la diminution des oscillations. Après 24 heures de vieillissement, l'alliage trempé à l'eau ne présente presque plus d'oscillations. Pour faire disparaître complètement les oscillations en fin de courbe de traction, il faut poursuivre le vieillissement au delà de 50 à 100 heures, cette durée dépendant à la fois de la température de trempe, du milieu de trempe et du vieillissement à l'ambiante.

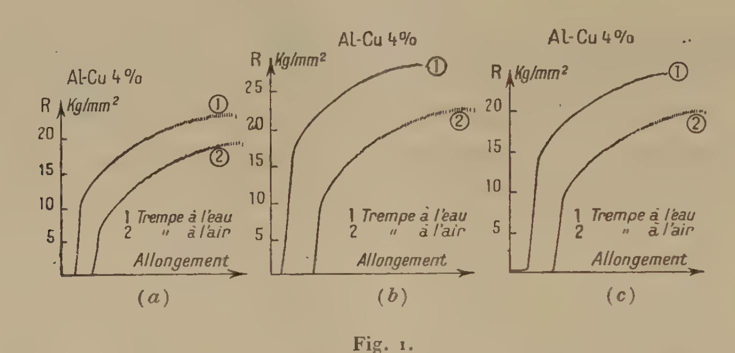


Fig. 1.

(a), courbes de traction de deux microéprouvettes vieillies 4 minutes à 20°; (b), courbes de traction obtenues avec des microéprouvettes vieillies 24 heures à 20°; (c), revenu 30 minutes à 90°.

Au contraire, pour l'alliage trempé à l'air, la disparition totale des oscillations ainsi que l'établissement des propriétés mécaniques maxima de l'alliage demandent environ 40 jours.

De même, un revenu supérieur à l'ambiante augmentant la vitesse de transformation de la solution solide accélère la disparition des oscillations sur les courbes de traction. Ainsi la figure 1 c montre que cette disparition est presque complète après 30 minutes de vieillissement à 90° de l'alliage trempé à l'eau, alors qu'elle demandait 50 à 100 heures à l'ambiante.

La solution solide Al-Mg présente le phénomène avec plus d'intensité. Celui-ci persiste quelles que soient la vitessse de la trempe et la durée du séjour à l'ambiante. Ceci confirme le fait bien connu que cet alliage subit peu ou pas de durcissement à l'ambiante ([2]). Un revenu à 175° accélère la transformation de la solution solide, ce qui se traduit par une diminution très marquée du nombre des oscillations (*fig.* 2a).

La solution solide Al-Zn dont la vitesse de durcissement est beaucoup plus grande que celle de Al-Cu à l'ambiante ([3]), ne présente le phénomène de Portevin-Le Chatelier qu'avec une faible intensité dans les premiers instants

---

([2]) P. Lacombe, *Rev. Métallurgie*, 41, 1944, p. 259.

([3]) J. Herenguel et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1731.

du vieillissement. Si l'on diminue la vitesse de durcissement par addition d'une impureté comme le magnésium ([4]), le phénomène de Portevin-Le Chatelier réapparaît avec la même intensité que pour les alliages Al-Cu et Al-Mg (*fig.* 2 *b*).

Enfin, nous avons constaté le fait important qu'une éprouvette à gros grains d'alliage Al-Cu 4 % présente le phénomène avec une intensité beaucoup plus faible, ce qui montre que les contours de grains doivent jouer un rôle essentiel dans l'apparition du phénomène.

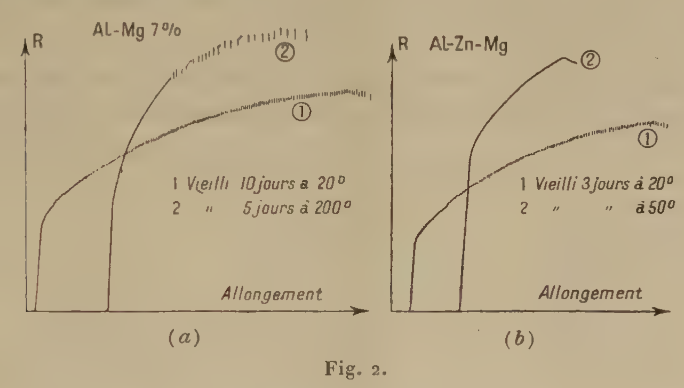


Fig. 2.

(*a*), courbes de traction des alliages Al-Mg vieillis à l'ambiante ou revenus à 200°; (*b*), Al-Zn-Mg (12 % Zn, 1 % Mg).

En conclusion, nous avons montré, dans le cas des alliages légers d'aluminium, d'une part la généralisation du phénomène de Portevin-Le Chatelier, d'autre part l'impossibilité d'attribuer ce phénomène aux seules impuretés. C'est bien l'addition principale de la solution solide qui est responsable de la coexistence du phénomène avec l'établissement du durcissement. Les impuretés n'interviennent dans l'intensité et dans la plus ou moins grande persistance du phénomène dans le temps que dans la mesure où ces impuretés accélèrent ou freinent la vitesse de transformation de la solution solide.

MÉTALLURGIE. — *Sur le déplacement des particules cristallines dans un monocristal d'aluminium progressivement laminé.* Note (*) de MM. **Raymond Jacquesson** et **Jack Manenc**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans une étude sur les perturbations de texture produites dans un monocristal d'aluminium par une torsion poursuivie jusqu'à rupture, l'un de nous a montré ([1]) que les cristallites résultant de la dislocation du cristal subissent

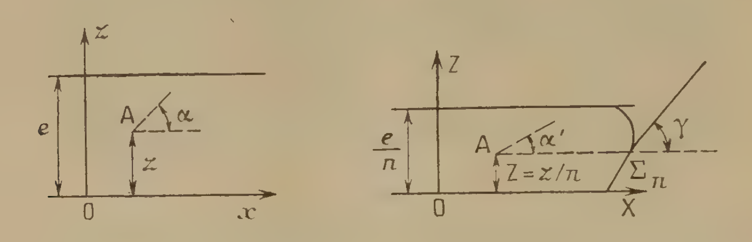
([4]) J. Herenguel et G. Chaudron, *Rev. Métallurgie*, 41, 1944, p. 33.

(*) Séance du 19 février 1951.

([1]) R. Jacquesson, *Thèse*, Paris, 1943.

les mêmes déplacements que des éléments de volume d'un milieu isotrope soumis à la même déformation d'ensemble. Pour généraliser ce résultat, nous avons étudié à ce point de vue les variations de texture cristalline à l'intérieur d'une tôle d'aluminium initialement monocristalline et soumise à des réductions d'épaisseur successives par laminage.

Soit d'abord une bande de matière isotrope de forme rectangulaire, Ox est parallèle à son grand axe, Oy dirigé suivant la direction transversale et Oz suivant l'épaisseur. Le plan xOy est l'une des deux faces de la bande prise comme plan de référence. Comme dans le cas de l'aluminium, nous supposerons que sa largeur ne varie pas au cours du laminage : les déplacements des particules se font donc parallèlement au plan xOz et sont indépendants de y.



Considérons à l'état initial une section droite (par exemple yOz), un point A de côté z (x et y quelconque) et autour de A un élément plan, normal à xOz, faisant un angle α avec le plan de référence. Après réduction d'épaisseur de e à e/n, la section droite a pris un profil Σ_n; la cote du point considéré A et l'inclinaison de l'élément plan sont devenues $Z = z/n$ et α'.

On établit la relation

$$n^2 \operatorname{cotg} \alpha = \operatorname{cotg} \alpha' - \operatorname{cotg} \gamma,$$

γ étant la pente de la tangente à la courbe Σ_n à la cote Z.

Pour vérifier cette formule dans le cas de laminage d'un monocristal d'aluminium, il faut d'abord déterminer les profils Σ_n en n'apportant à la continuité cristalline que des perturbations minimes.

Les meilleurs résultats sont obtenus en incluant dans le monocristal, en différents points suffisamment éloignés (5 à 6^{mm}), et suivant des éléments de sections droites, des lamelles d'aluminium épaisses d'environ 3/10 de millimètre dont le logement a été préparé par une scie d'horloger. Le tout est ensuite recuit pour supprimer le durcissement des lamelles qui étaient écrouies pour faciliter la mise en place.

Après réduction d'épaisseur n, une section longitudinale S, parallèle à xOz, et convenablement placée permet de voir le profil Σ_n pris par la lamelle et de mesurer à la cote $Z = Z/n$.

(I) $n^2 \operatorname{cotg} \alpha = \operatorname{cotg} \alpha' - \operatorname{cotg} \gamma$, $n = 2$.

Z (mm).	α'.	γ.	$n^2 \operatorname{cotg} \alpha$.	α_{calc}.
0,4	120°	40°	−1,77	=114°
0,7	117	30	−2,26	=119
1	117	28	−2,39	=121
1,3	120	31	−2,24	=119
1,5	123	37	−1,97	=116
1,8	110	33	−1,90	=115
2	85	25	−2,06	=117

Valeur moyenne de $\alpha = \alpha_m = 117°$.

(II)

n	1,5	2	2,5	3	5	$\alpha_m = 114° \pm 3°$
α_m	113°	117°	113°	114°	111°	

Pour les directions α et α', nous avons adopté une direction cristallographique. donnée par exemple par des piqûres de corrosion sur la section S. Ces piqûres doivent être suffisamment petites pour que l'on puisse considérer qu'en tout point de leur surface les déplacements sont les mêmes. D'ailleurs, quand cette condition n'est pas réalisée, les piqûres perdent leur forme géométrique simple et des mesures de α' sont impossibles. Avec des piqûres de corrosion par notre méthode d'attaque anodique, nous avons pu aller jusqu'à $n = 7$.

Les mesures faites montrent bien que :

1° Pour un degré de laminage n donné, l'expression $\operatorname{cotg} \alpha' - \operatorname{cotg} \gamma$ est constante et indépendante de Z, malgré les valeurs très variables de α' et γ.

2° Pour des degrés de laminage variables (1,5 à 7) les expressions $(\operatorname{cotg} \alpha' - \operatorname{cotg} \gamma)/n^2$ sont également constantes.

Cependant, les déplacements sont plus compliqués que ne l'indique cette étude de l'ensemble de la déformation. Les diagrammes de rayons X par retour montrent que, dans les couches très minces ainsi analysées, il y a une dispersion de la direction cristallographique considérée autour de l'orientation moyenne α'. L'étude que nous en faisons permettra peut-être de déterminer le mécanisme du passage d'une texture monocristalline à la texture de laminage caractéristique que nous obtenons dès que le degré de laminage devient élevé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de la préparation des esters oxalacétiques alcoylés.* Note (*) de M. **Jean Schreiber**, présentée par M. Marcel Delépine.

Emploi du triphényl-méthylsodium, pour la synthèse des esters oxalacétiques β-mono et disubstitués. L'utilisation très commode de cet agent de synthèse, fournit une méthode générale de préparation de ces esters substitués par ailleurs difficilement accessibles.

Poursuivant l'étude entreprise antérieurement sur les acides homopyruviques ([1]), nous avons examiné les meilleures conditions d'obtention des esters alcoyloxalacétiques dont l'hydrolyse conduit aux acides α-cétoniques.

La méthode classique de Wislicenus ([2]) basée sur la condensation des esters aliphatiques avec l'oxalate d'éthyle en présence d'éthylate de sodium utilisée par différents auteurs et par nous-même ne donne plus que des rendements médiocres en esters oxalacétiques β substitués du type (I)

$$C_2H_5O_2C - CHR - CO - CO_2C_2H_5. \qquad \text{(I)}$$

et devient pratiquement inutilisable à partir des esters en C_7; elle échoue complètement pour la préparation des esters oxalacétiques β substitués ramifiés du type (II)

$$C_2H_5O_2C - CRR' - CO - CO_2C_2H_5. \qquad \text{(II)}$$

Certains auteurs et en particulier Ch. Grundmann et R. Kuhn ([3]), F. Adikes et G. Andresen ([4]) ont substitué l'éthylate de potassium à l'éthylate de sodium en opérant dans la pyridine, ce qui leur a permis d'accéder à des termes plus élevés. Plus récemment H. Schintz et Hinder ([5]), puis E. Vogel et H. Schintz ([6]), ont utilisé la première méthode de Wislicenus pour préparer quelques dérivés.

S. B. Soloway et F. B. La Forge ([7]) signalent avoir obtenu l'ester $C_2H_5O_2C - CH(C_4H_9) - CO - CO_2C_2H_5$ avec un rendement de 90 % par l'emploi de l'hydrure de sodium comme agent de condensation. Enfin Boyd E. Hudson et Jr et Ch. R. Hauser ([8]) ont essayé d'utiliser le triphénylméthylsodium $(C_6H_5)_3 - CNa$ dont l'intérêt avait été mis en évidence par

(*) Séance du 26 février 1951.

([1]) *Ann. Chim.*, [12], 21, 947, p. 84-127.

([2]) *Ann. Chem.*, 246, 1888, p. 306 et E. Arnold, p. 329.

([3]) *Ber. Chem. Gesells.*, 70, 1937, p. 1151 et 1327.

([4]) *Ann. Chem.*, 555, 1943, p. 41.

([5]) *Helv. Chem. Acta*, 30, 1947, p. 1349.

([6]) *Helv. Chem. Acta*, 33, 1950, p. 116.

([7]) *J. Am. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 2677-2678.

([8]) *J. Am. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 3156.

H. Scheibler [9] comme agent d'activation des esters aliphatiques; ils ont obtenu ainsi l'ester diméthyloxalacétique du type (II) $R = R' = CH_3$.

Nous nous sommes proposé d'appliquer ce mode opératoire à la préparation d'un certain nombre d'esters oxalacétiques β mono et disubstitués et de juger de l'intérêt de l'emploi du triphénylméthylsodium. Le dérivé sodé du triphénylméthane a été obtenu selon la technique indiquée par Jr et Ch. R. Hauser en faisant agir l'amalgame de sodium en milieu éthéré anhydre sur le chlorure correspondant. Il suffit de décanter la solution éthérée contenant en solution le triphénylméthylsodium, en se maintenant à l'abri de l'air par un courant d'azote sec, puis de lui ajouter l'ester aliphatique et l'oxalate d'éthyle, la réaction est immédiate. Un traitement à l'acide acétique, suivi d'un lavage bicarbonaté permet d'isoler en phase éthérée le mélange d'esters qui, après séchage sur chlorure de calcium, est fractionné par distillation. Nous avons effectué dans ces conditions la réaction sur les esters butyrique, isovalérianique et caprilique, ce qui nous a conduit aux esters du type (I) $R = C_2H_5$; $(CH_3)_2-CH-$; C_6H_{13}, ainsi que sur les esters des acides isobutyrique et méthyléthylacétique qui nous ont conduit aux esters du type (II)

$$R = R' = CH_3 \quad \text{et} \quad R = CH_3 \quad \text{et} \quad R' = C_2H_5.$$

Les rendements sont d'environ 50 %.

De tous ces esters seul l'ester *n*-hexyloxalacétique n'avait pu être isolé. Lorsque le radical R devient trop lourd, c'est-à-dire à partir du terme ou $R = C_6H_{13}$ la séparation de l'ester oxalacétique d'avec le triphénylméthane devient difficile par distillation. Il vaut mieux alors, après avoir éliminé l'oxalate d'éthyle et l'ester aliphatique en excès, traiter le résidu ainsi obtenu par l'alcool absolu dans lequel le triphénylméthane est peu soluble. Un refroidissement à — 5° de la solution alcoolique permet d'éliminer la majeure partie du triphénylméthane; on chasse l'alcool sous pression réduite; le résidu mis à la glacière abandonne encore un peu de triphénylméthane, on filtre et on distille. Les esters oxalacétiques se décomposent avec perte de CO au voisinage de 130°, il est donc nécessaire d'effectuer la distillation sous un vide très poussé; nous avons opéré sous une pression de 0,01 à 0,02 mm Hg.

Nous avons ainsi pu distiller l'ester *n* hexyloxalacétique et l'isoler pur.

$É_{0,01}$ 89°-90°; N_D^{19} 1,4410; D_4^{19} 0,9995; R. M. trouvé 71,81; R. M. calculé 71,07; 2-4-dinitrophénylhydrazone F 63° [10].

Conclusion. — L'emploi du dérivé sodé du triphénylméthane nous a permis

---

(9) H. Scheibler et O. Schmitt, *Ber. Chem. Gesells*, 58, 1925, p. 1189; H. Scheibler et H. Stein, *Ber. Chem. Gesells*, 139, 1934, p. 105.

(10) F. Adikes et G. Andresen, *Ann. Chem.*, 555, 1943, p. 41.

d'accéder assez rapidement et avec de bons rendements aux esters oxalacétiques β mono et disubstitués de poids moléculaires déjà élevés, ce réactif se révèle donc nettement supérieur aux autres agents de condensation employés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un produit de bromuration de l'amino-2 diméthyl-4-5 thiazol.* Note de Mlle **Yvonne Garreau**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai supposé que l'amino-2 méthyl-4 bromo-5 thiazol (I), lorsqu'on le méthyle sur l'azote (2), devient une imino-2 diméthyl-3.4 bromo-5 thiazoline (II),

```
        (4)       (5)
  CH3—C═════════C—Br          CH3—C═════════C—Br          CH3—C———————C<CH3
      |         |                 |         |                 ‖       |   Br
 (3) N          S (1)        CH3—N          S                 N       S
      \\      /                   \      /                     \     /
     (2) C—NH2                      C=NH                        C=NH
        (I)                         (II)                        (III)
```

ce qui expliquerait les caractères très différents de l'halogène dans ces deux combinaisons ([1]).

Par bromuration de l'amino-2 diméthyl-4.5 thiazol, je pense avoir obtenu un dérivé de la deuxième forme possible de l'imino-2 thiazoline : l'imino-2 diméthyl-4.5 bromo-5 thiazoline (III).

Dans celui-ci le brome se distingue par son remplacement immédiat par un oxhydrile, en solution aqueuse, joint à l'absence de propriétés oxydantes vis-à-vis de l'iodure de potassium.

A une solution de bromhydrate d'amino-2 diméthyl-4.5 thiazol dans l'acide bromhydrique ($d = 1,38$) maintenue chaude, on ajoute, par petites fractions, en agitant, la quantité équimoléculaire de brome. Par refroidissement, des cristaux se séparent du liquide peu coloré, on les essore et les fait recristalliser dans l'alcool absolu.

Le produit se présente sous forme de prismes incolores F 200° environ, peu solubles dans l'eau froide, solubles dans l'alcool méthylique froid et l'alcool éthylique chaud, insolubles dans l'acétone, le benzène et l'éther. Sa composition centésimale correspond au bromhydrate du produit de substitution d'un atome d'hydrogène par un atome de brome, soit $C_5H_7N_2SBr, HBr$.

C'est ce que confirme l'étude de ses propriétés. Cette étude est nécessaire car on pourrait, ainsi qu'on le verra, croire à un bibromhydrate du produit initial non bromé, composé que je n'ai d'ailleurs pas pu préparer à partir du bromhydrate d'amino-2 diméthyl-4.5 thiazol, en solution chaude saturée d'acide bromhydrique.

Traité, en solution dans l'alcool méthylique, par une molécule de thiourée

---

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 814 et 1022.

et une molécule de potasse caustique, quelques minutes à l'ébullition, l'imino-2 diméthyl-4.5 bromo-5 thiazoline donne, après séparation de bromure de potassium insoluble et évaporation du solvant, des aiguilles d'un monobromhydrate, rassemblées en houppes, solubles dans l'eau avec une réaction légèrement basique, F 190-192°, solubles dans les alcools méthylique et éthylique froids, insolubles dans les autres solvants usuels et dont la composition centésimale correspond, pour la base, au remplacement d'un brome par un reste d'isothiourée (V) ($C_6H_{10}N_4S_2$, HBr).

```
CH3—C───────C<CH3        CH3—C───────C<CH3    NH      CH3—C════════C—CH2—S—C<NH
    |       |  OH            |       |  S—C<           |                    NH2
    N       S                N       S      NH2        N        S
     \     /                  \     /                   \\     /
     C=NH                      C=NH                      C—NH2
     (IV)                      (V)                       (VI)
```

L'un des atomes de brome du produit initial a donc bien substitué un hydrogène.

Cet atome de brome est particulièrement labile; le bromhydrate de (III) dissous dans l'eau, à froid, et additionné de soude titrée, donne un virage à pH 3,8 (vert de crésol) correspondant à une molécule d'acide bromhydrique, et un autre à pH 7,2 (rouge de phénol), correspondant à une deuxième molécule de cet acide. De même, si l'on cherche à doser les ions Br^- à l'aide du nitrate d'argent, à froid, on en trouve deux par molécule de produit.

Il semble donc que le produit bromé (III) soit hydrolysé très rapidement pour donner un corps à fonction hydroxylée, l'imino-2 diméthyl-4.5 hydroxy-5 thiazoline (IV) ($C_5H_8ON_2S$),

$$R - Br + H_2O \rightleftharpoons R - OH + HBr.$$

Effectivement, par refroidissement, après très court chauffage de la solution aqueuse du produit bromé (III), on obtient des aiguilles F 212° environ, dont la composition centésimale correspond au monobromhydrate attendu ($C_5H_8ON_2S$, HBr).

Celui-ci est soluble dans l'eau froide, davantage dans l'eau chaude, soluble à froid dans l'alcool méthylique, moins soluble dans l'alcool éthylique même chaud, pratiquement insoluble dans les autres solvants usuels.

Inversement ce bromhydrate, en solution concentrée chaude dans l'acide bromhydrique, laisse déposer par refroidissement le bromhydrate de (III) régénéré.

Le brome de (III) n'est pas fixé sur l'azote (2), car il serait « positif » et donnerait de l'iode en présence d'iodure de potassium, ce qui n'a pas lieu.

La substitution sur le groupe méthyl-4 étant très improbable, et je ne l'ai jamais observée, il reste la possibilité qu'elle ait lieu sur le méthyl-5. Or en

traitant le dibromo-1.2 céto-3 butane par la thiourée, j'ai obtenu (VI), isomère de (V), qui s'en distingue par l'insolubilité de sa base dans l'eau.

La position (5) pour le brome, dans le composé (III) paraît donc justifiée, et la grande labilité de cet élément s'explique par la présence simultanée en α d'un système de deux doubles liaisons conjuguées et d'un atome de soufre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés des halogénométhyl-14 dinaphto-α.α' pyranne.* Note de MM. **Robert Damiens** et **Raymond Delaby**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les composés halogénés de formule (I) ont été préparés par Delépine ([1]) (X = Cl) et récemment par Wizinger et Y. Al Attar ([2]) (X = Br). Toutefois les aptitudes réactionnelles de l'halogène non pas été systématiquement étudiées.

L'objet de cette Note est d'indiquer la préparation et quelques propriétés des composés résultant de l'action sur (I) de l'ammoniac, des monoamines primaires et secondaires et de diamines secondaires-tertiaires.

X — CH_2 — CH
(I)

CH_2 = C
(II)

NHR — CH_2 — CH
(III)

R' — CH_2 — CH
(IV)

R''—N—$(CH_2)_n$—NR'''_2 — CH_2 — CH
(V)

([1]) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, [3], 25, 1901, p. 579.

([2]) *Helv. Chim. Act.*, 30, 1947, p. 189.

Action de l'ammoniac. — Le chauffage en tube scellé à 160° de (I) avec un excès d'ammoniac en solution alcoolique ou hydroalcoolique conduit à la formation d'halogénure d'ammonium et à un composé non azoté et non halogéné, soluble à froid dans la plupart des solvants organiques usuels et à chaud dans l'acide acétique : il est recristallisé dans ce dernier solvant en petits cristaux blancs. F 160-162° avec décomposition. La détermination du poids moléculaire et l'analyse nous ont conduits à lui attribuer la formule brute $C_{22}H_{14}O$ qui correspond au méthylène dinaphtopyranne (II) décrit par Wizinger [2], P. M. calculé 294 : trouvé 305-316 (moy. 310), d'après Rast : C % calculé 89,79 ; trouvé 89,05 ; H % calculé 4,76 ; trouvé 4,44.

Action des amines primaires. — La monométhylamine ou la benzylamine en excès, réagit avec (I) par chauffage en tube scellé, en solution benzénique et donne les dérivés aminés correspondants (III).

Le monométhylaminométhyl-14 dinaphtopyranne (III), où $R = CH_3$, est, à l'état de base un solide blanc, très remarquablement cristallisé en petites feuilles hexagonales. Très soluble dans l'alcool absolu, il est cristallisé à partir de l'alcool à 80 avec deux molécules de solvant, F 136°. Le sulfate est blanc à l'état pur, mais il se colore en rose à la lumière. Se décompose sans fondre. Il est soluble dans l'eau chaude. Base : N % calculé ($-2C_2H_5OH$) 3,77 ; trouvé 3,73.

Le dérivé monobenzylaminé [(III), où $R = CH_2C_6H_5$] (chlorhydrate) est cristallisé dans l'isobutanol en petites aiguilles cotonneuses blanches. Se décompose par chauffage puis paraît fondre vers 150°. N % calculé 3,51 ; trouvé 3,56.

Action des monoamines secondaires. — Analogue à celle des amines primaires, elle conduit aux dérivés (IV).

Le composé diméthylaminé (IV), où $R' = N(CH_3)_2$ est cristallisé dans l'alcool 95 en plaques blanches solubles dans les acides dilués avec coloration rose de la solution. F 138°. N % calculé 4,13 ; trouvé 4,10.

Le dérivé (IV), où $R' = N(C_2H_5)_2$ est obtenu à l'état pur par deux cristallisations dans l'éthanol 95. Cristaux volumineux, fragiles, blanc neige. F 83°. N % calculé 3,81 ; trouvé 3,89.

Enfin la morpholine se combine à (I) avec production d'une base (IV), où $R' = N\langle\rangle O$, soluble dans les acides dilués, cristallisée dans l'alcool absolu en petits cristaux prismatiques blanc rosé. F 160°. N % calculé 3,67 ; trouvé 3,65.

Action des diamines secondaires-tertiaires. — Nous avons utilisé deux de ces dibases [3] : la triéthyléthylènediamine et le diéthylamino-1 benzylamino-4 pentane. Elles se combinent avec (I) en formant des dérivés (V), l'atome

---

([3]) R. DAMIENS, *Thèse Doct. Sc. Phys.*, Paris, 1950.

d'hydrogène de l'azote secondaire étant substitué par le méthyl-dinaphtopyranne.

Le composé (IV), où $R' = N(C_2H_5)CH_2.CH_2.N(C_2H_5)_2$ cristallise pur dans la butanone. Il est très soluble dans les alcools. Cristaux fins blanchâtres, se colorant vers 145° et fusibles à 147°. N % calculé 6,39; trouvé 6,24.

Le dérivé (IV), où $R' = N(CH_2C_6H_5)CH(CH_3).CH_2.CH_2.CH_2.N(C_2H_5)_2$ est obtenu sous forme d'un solide blanc qui est cristallisé dans un mélange éther-alcool. Soluble dans l'alcool 95 à froid. Cristaux blancs se décomposant vers 130-135°. N % calculé 5,17; trouvé 5,23.

En résumé, l'ammoniac agit comme les alcalis fixes et enlève les éléments de l'hydracide pour conduire à un composé éthylénique, tandis que les amines à caractère acyclique que nous avons opposées à l'halogénométhyl-14 dinaphtopyranne se substituent à l'halogène et donnent des bases, toutes solides, dont les solutions de sulfates ou de chlorhydrates sont colorées; il est possible qu'il se forme ainsi des sels de pyrylium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'équilibre tautomérique des « nitrosonaphtols ».* Note de M. **Evanguélos Baltazzi**, présentée par M. Marcel Delépine.

Étude spectrale des trois « nitrosonaphtols », de la 2.3-dibromonaphtoquinone-1.4 monoxime ainsi que de leurs dérivés alcoylés et acylés, d'où il ressort que tous les corps étudiés se trouvent surtout sous la forme quinonique, à l'exception du nitroso-4 naphtol-1.

Plusieurs études de cet équilibre en vue d'établir la structure des « nitrosonaphtols » ayant abouti à des résultats contradictoires ([1]), j'ai essayé de mon côté d'envisager le problème sous le jour des récents travaux de Mme Ramart-Lucas et de ses collaborateurs sur les nitrosophénols ([2]). Ces auteurs mirent en évidence qu'il est possible d'identifier les formes nitrosophénol et quinonoxime en comparant les spectres d'absorption des combinaisons libres avec ceux de leurs dérivés alcoylés. En effet ces derniers, tout en ayant la même structure ne peuvent se tautomériser. L'identification de l'une ou de l'autre forme devient alors possible grâce au fait que le déplacement du maximum d'absorption de la bande principale vers les courtes longueurs d'ondes a lieu dans le sens

Nitrosophénol → éther de nitrosophénol → éther de quinonoxime → quinonoxime.

([1]) H. Goldschmidt, *Ber.*, 16, 1883, p. 2178; 17, 1884, p. 213, 2066; 18, 1885, p. 571; C. H. Sluiter, *Ber.*, 44, 1911, p. 1327; H. S. French et D. J. Perkins, *J. Amer. Chem. Soc.*, 59, 1936, p. 1182.

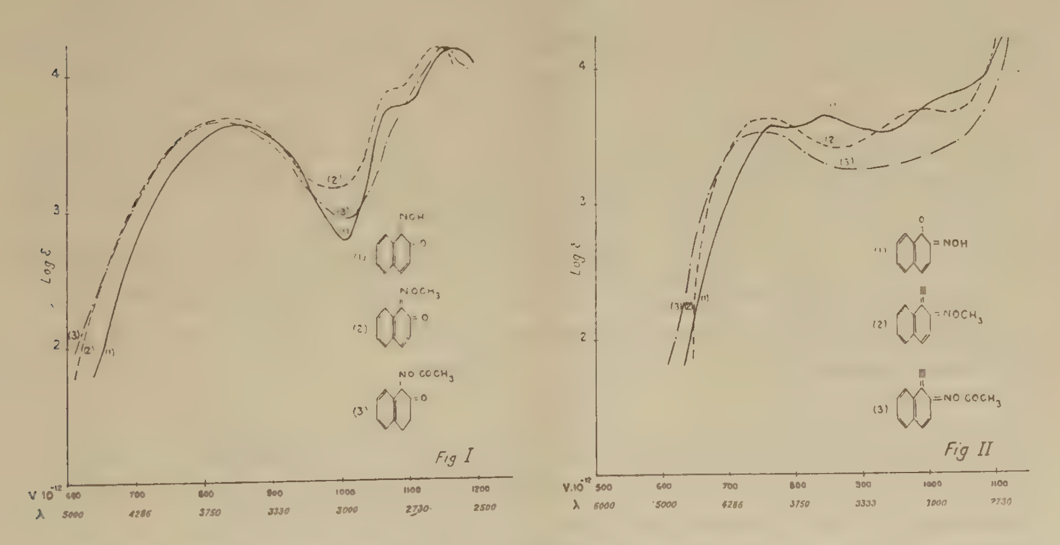
([2]) Mme P. Ramart-Lucas et M. Martynoff, *Bull. Soc. Chim. France*, (5), 15, 1948, p. 571.

La différence d'absorption entre les deux éthers s'accentue pour le cas des formes tautomériques libres.

J'ai donc préparé les éthers méthyliques des trois « nitrosonaphtols » (I), (II), (III) ainsi que de la 2.3-dibromonaphtoquinone-1.4 monoxime (IV) et j'ai comparé leurs courbes d'absorption à celles des combinaisons libres correspondantes.

(I) (II) (III) (IV)

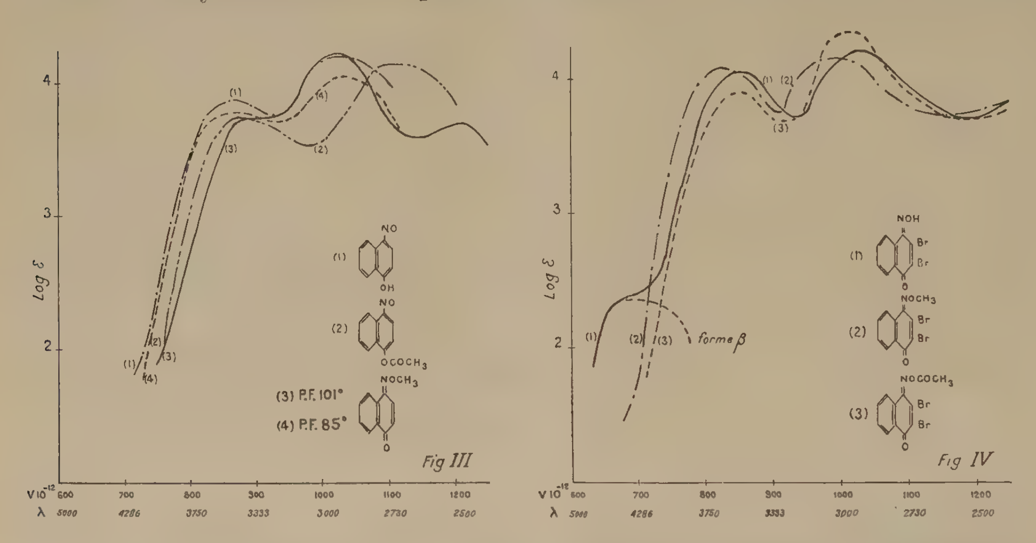
Dans le cas des composés (I), (II), (IV) l'alcoylation produit un effet bathochrome (*fig.* I, II, IV, courbes 1 et 2). Il est donc à penser que, dans les conditions de l'expérience, c'est-à-dire en solution alcoolique, ces corps se trouvent surtout sous la forme quinonique. La forme nitrosonaphtol serait présente en quantités trop faibles pour être décelées par l'analyse spectrale, sauf pour le cas de l'oxime-2 de la naphtoquinone-1.2 (II). En effet la courbe d'absorption de ce composé étant un peu différente de celle du dérivé méthylé correspondant, obtenu par l'action de la O-méthylhydroxylamine sur la naphtoquinone-1.2, on doit admettre dans ce cas la présence de la forme nitrosonaphtol en quantité non négligeables (*fig.* II, courbes 1, 2).



Par ailleurs l'action de la O-méthylhydroxylamine sur la naphtoquinone-1.4 m'a permis d'isoler deux dérivés méthylés (F 85° et 101°) dont les courbes extrêmement voisines et de même allure autorisent à les considérer comme des stéréoïsomères.

Dans le cas du nitroso-4 naphtol-1 l'alcoylation entraîne un effet hypsochrome (*fig*. III, courbes 1, 3, 4) et l'on doit considérer la forme nitrosonaphtol comme prépondérante (III).

Les dérivés acylés des combinaisons étudiées peuvent *a priori*, se présenter sous la forme soit d'acétyloxime de naphtoquinone, soit d'acétylnitrosonaphtol, soit encore comme un mélange des deux. Or, dans tous les cas étudiés l'acétylation ne m'a permis d'isoler qu'un seul dérivé acylé dont



l'absorption est très voisine du dérivé alcoylé correspondant. L'estérification d'un phénol entraînant seule un déplacement net de l'absorption vers les courtes longueurs d'ondes ([3]) on doit admettre que dans tous les cas étudiés, sauf dans celui du nitroso-4 naphtol-1, (III) (*fig*. III, courbes 1, 2) on est en en présence d'une acétyloxime.

Au cours de ce travail, il m'a été possible de mettre en évidence l'existence d'une forme β prédominante en milieu alcalin, dans le cas de la 2.3-dibromonaphtoquinone-1.4 monoxime (*fig*. IV, courbe 1).

En définitive mes conclusions en ce qui concerne les « nitrosonaphtols » (I), (II), (III) confirment celles de Sluiter ([1]) à savoir que (I) et (II) se trouvent surtout sous la forme quinonique alors que (III) se trouve sous la forme nitrosonaphtol.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une méthode générale de préparation des acides α-cétoniques.* Note de MM. **Henri Moureu**, **Paul Chovin** et **Louis Petit**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Les analogies de structure qui existent entre les esters et les cétones α-β-éthyléniques nous ont incité à rechercher un mode d'obtention des acides

---

([3]) Mme P. Ramart-Lucas et M. Martynoff, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 906.

α-cétoniques, par application des réactions grâce auxquelles l'un de nous avait pu décrire une méthode générale de préparation des dicétones-α [1].

Des travaux préliminaires [2], [3] ont défini, sur deux cas particuliers, la suite des transformations mettant en œuvre un ester α-β-éthylénique et il a été possible alors, non seulement d'indiquer le mécanisme des réactions, mais aussi de fixer la constitution exacte des produits intermédiaires isolés.

Le présent travail est consacré à de nouveaux exemples de passage d'esters α-β-éthyléniques aux acides α-cétoniques correspondants, et permet, en conséquence, de présenter la suite de nos réactions comme une méthode générale de préparation de ces composés.

Le procédé peut se schématiser comme suit : un ester α-β-éthylénique (I) est traité par le brome, et le dibromure obtenu (II) par la pipéridine. La nature du dérivé pipéridiné formé dépend de la structure de l'ester initial. Si le carbone éthylénique en β est monosubstitué ($R_1 = H$), il se forme un composé saturé, α-β-dipipéridiné (III).

$$\underset{(I)}{R_1R_2C{=}CH{-}CO_2Et} \xrightarrow{+Br_2} \underset{(II)}{R_1R_2CBr{-}CHBr{-}CO_2Et}$$

$$\xrightarrow{+HNC_5H_{10}} \begin{cases} R_1 = H & \underset{(III)}{R_2CH(NC_5H_{10}){-}CH(NC_5H_{10}){-}CO_2Et} \\ R_1 = \text{alcoyle} & \underset{(IV)}{R_1R_2C{=}C(NC_5H_{10}){-}CO_2Et} \end{cases}$$

$$\xrightarrow{\text{hydrolyse}} \underset{(V)}{R_1R_2CH{-}CO{-}CO_2H}$$

Si le carbone éthylénique en β est disubstitué, il se forme un dérivé mono-pipéridiné éthylénique (IV), un seul reste pipéridine remplaçant l'atome de brome en α, l'autre atome de brome, en β, s'éliminant conjointement avec l'hydrogène en α sous forme d'acide bromhydrique.

Les composés (III) et (IV), soumis à l'hydrolyse acide dans des conditions relativement énergiques, fournissent les acides α-cétoniques correspondants (V), qui ont été identifiés par leurs constantes physiques et la formation de quelques dérivés caractéristiques de la fonction cétone.

La méthode a été essayée avec succès sur les corps suivants :

$R_1 = H$;	$R_2 = H$	(acrylate d'éthyle)	→	acide pyruvique	($C_3H_4O_3$)
$R_1 = H$;	$R_2 = CH_3$	(crotonate d'éthyle)	→	» méthylpyruvique	($C_4H_6O_3$)
$R_1 = H$;	$R_2 = C_2H_5$	(éthylacrylate d'éthyle)	→	» éthylpyruvique	($C_5H_8O_3$)
$R_1 = H$;	$R_2 = C_6H_5{-}CH_2$	(benzylacrylate d'éthyle)	→	» benzylpyruvique	($C_{10}H_{10}O_3$)
$R_1 = H$;	$R_2 = C_6H_5$	(cinnamate d'éthyle)	→	» phénylpyruvique	($C_9H_8O_3$)
$R_1 = H$;	$R_2 = CO_2Et$	(maléate d'éthyle)	→	» hydroxyfumarique	($C_4H_4O_5$)
$R_1 = CH_3$;	$R_2 = CH_3$	(diméthylacrylate d'éthyle)	→	» diméthylpyruvique	($C_5H_8O_3$)

---

[1] Ch. Dufraisse et H. Moureu, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 41, 1927, p. 1370.

[2] H. Moureu, P. Chovin et M. Garein, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 410.

[3] H. Moureu, P. Chovin et J. Ventrillard, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 445.

Sauf pour le benzylacrylate d'éthyle, dont les dérivés dibromé et dipipéridiné se sont révélés impurifiables, tous les composés des types (II), (III) ou (IV) ont été caractérisés individuellement. Cependant, chaque fois qu'il a été possible, nous avons aussi cherché à parvenir directement aux acides α-cétoniques sans avoir à isoler, encore moins à purifier, les termes intermédiaires. Tout au plus, doit-on alors, en cours d'opération, changer une fois de solvant en chassant le sulfure de carbone requis pour la bromuration, pour le remplacer par l'alcool nécessité par l'action de la pipéridine et qui ne gêne pas l'hydrolyse finale.

On a ainsi réussi à simplifier la technique pour aboutir à un mode pratique de préparation, dont le rendement global, malgré trois opérations successives, est généralement compris entre 40 et 50 %.

Cette méthode présente des analogies mais aussi des différences avec celle correspondant à l'obtention des dicétones-α : dans ce dernier cas, en effet, dérivant d'un composé bromé-pipéridiné intermédiaire parfois isolable, deux corps, l'un di-, l'autre monopipéridiné peuvent se former simultanément, en plus ou moins grande proportion. Au contraire, en ce qui concerne les acides α-cétoniques, l'analogue bromé-pipéridiné n'a jamais été entrevu, et c'est le dérivé dipipéridiné qui s'obtient régulièrement. Ce n'est que lorsque le carbone en β est disubstitué qu'il se forme un dérivé monopipéridiné éthylénique. Le rendement de l'hydrolyse finale de ce composé exceptionnel est, d'ailleurs, anormalement faible (18 %). Ceci n'est pas sans analogie avec ce qui a été observé lors de l'hydrolyse du dérivé monopipéridiné correspondant à l'oxyde de mésityle, dont le carbone en β est également disubstitué, et qui ne fournit que 10 % d'acétylisobutyryle.

En résumé, analogues dans leur principe, les deux méthodes générales de préparation des dicétones-α et des acides α-cétoniques diffèrent sensiblement l'une de l'autre par le détail des réactions intermédiaires. Cependant, l'une comme l'autre, et c'est là leur intérêt, permettent d'aboutir à des classes de corps difficilement accessibles, dont certains jouent un rôle important en chimie biologique.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension du Miocène continental en Basse-Provence orientale et ses conséquences.* Note de MM. **Albert-F. de Lapparent** et **Guy Mennessier**, présentée par M. Charles Jacob.

Des levés détaillés au 20000e nous ont révélé, entre Brignoles et Draguignan (Var), une extension notable du Miocène continental, déjà connu un peu plus au Nord-Ouest dans les régions de Saint-Maximin, Barjols et Aups. Les faciès, très variables, indiquent des formations tantôt lacustres, tantôt torrentielles.

La présence de quelques fossiles et la similitude avec des affleurements bien datés ([1]) permettent de les attribuer au Miocène moyen.

Les formations miocènes dont il est ici question sont réparties en une série d'affleurements groupés, que nous énumérons du Sud au Nord.

1° *Entre Flassans et Le Luc*, nous avons cartographié une cinquantaine d'affleurements, discordants sur le Trias, parfois difficiles à distinguer du Keuper qui donne, lui aussi, des dépressions cultivées en vignes. Le Miocène peut combler des synclinaux de Keuper; mais il se rencontre le plus souvent sur la tranche des calcaires du Muschelkalk dont il remplit les irrégularités. Ses cotes d'altitude varient entre 230 et 280^{m}. Vers le Nord, il déborde en discordance manifeste sur le Rhétien.

2° *Entre Montfort et Carcès*, de part et d'autre de l'Argens, s'étendent des conglomérats à dragées de quartz, bien différents des alluvions de la rivière actuelle. Ce faciès passe à des argiles jaunes, blanches ou brunes ou même à des tufs qui ont déjà fourni *Bythinia tentaculata* L. sp. et *Valvata dromica* Font. L'ensemble est discordant sur le Muschelkalk et le Keuper et vient presque au contact des grès du Trias inférieur et du Permien de Terrubi. A l'Ouest de Saint-Étienne-du-Clocher, l'enrichissement local du Miocène en grosses dragées de quartz blanc, provenant évidemment de la base du « Grès bigarré », fait penser qu'il peut y avoir là, masqué sous les alluvions, un troisième dôme permo-triasique, faisant suite à ceux de Terrubi et de la Fontaine de l'Ormeau.

L'altitude des lambeaux miocènes descend de 220 à 140^{m} et manifeste une dépression ancienne située sur la zone anticlinale triasique de Carcès; elle est en contre-bas des collines jurassiques du Val et du Luc, qui culminent à 394 et 443^{m} et sont absolument dépourvues de Miocène.

3° *De Carcès au Thoronet*, on rencontre sur les crêtes ou sur les pentes des collines, de part et d'autre de l'Argens, de nombreux petits lambeaux de Miocène continental. Les uns, situés sur des crêtes, s'étagent de 145 à 220^{m} d'altitude et correspondent par conséquent au groupe précédent. Les autres, souvent conservés dans des ravins, descendent jusqu'à l'altitude de 80^{m}; il s'agit sans doute en grande partie de paquets glissés sur les pentes. Leur fréquence et aussi les traînées de dragées de quartz sur les crêtes et les plateaux, reliquat d'un placage continu maintenant érodé, prouvent la présence d'un vaste lac miocène installé sur la zone triasique en aval de Carcès, tandis qu'il n'y a pas trace de Miocène dans le Massif jurassique de Salernes. Dans l'un des affleurements situé au Sud-Est du Thoronet, nous avons récolté *Unio flabellatus* Goldf.

4° Près du Grand-Jas, à 1^{km} *au Sud-Ouest d'Entrecasteaux*, du Miocène continental est discordant au centre d'un petit synclinal jurassique, où il s'étend sur 1400^{m} d'Ouest en Est, descendant de 190 à 150^{m} d'altitude. Au centre de l'affleurement se trouvent des calcaires finement stratifiés à *Melanopsis Kleini* Kurr. et *Planorbis Zieteni* Braun. Ils sont horizontaux, sauf en un point où il s'agit de panneaux basculés par glissement. Tout autour des calcaires, on voit un grand développement d'argile jaune, et surtout de conglomérats, parfois tellement bréchiques et grossiers qu'il s'agit probablement de blocs dégringolés de la colline voisine. Le petit lac miocène d'Entrecasteaux devait se relier à celui de l'Argens en aval de Carcès.

5° *A l'Ouest et au Sud de Flayosc*, de part et d'autre de la Florielle, s'étendent des placages d'un Miocène souvent grossier, avec des blocs à peine roulés descendus des

---

([1]) A. F. DE LAPPARENT, *Études géologiques dans les régions provençales et alpines entre le Var et la Durance* (*Thèse sciences*, Paris, 1938, p. 142-145).

hauteurs voisines. L'un de ces affleurements avait déjà été reconnu par l'un de nous en 1938. Leur altitude moyenne est de 300^m. Le Miocène de la région de Flayosc paraît correspondre au passage de torrents venant des collines de Tourtour, en contournant les collines jurassiques du Massif de Salernes, pour rejoindre la prolongation orientale du lac de l'Argens.

6° *Entre Salernes et Aups*, nous avons reconnu plusieurs lambeaux nouveaux d'argile brun rouge, de marnes jaunes à nodules calcaires et de graviers qu'il faut rapporter au Miocène et non au Rognacien : route d'Aups à Villecroze; Saint-Jean au Nord de Sillans-la-Cascade; plaine à l'Est de Fox-Amphoux. Ce Miocène indique de petits lacs discordants sur le Jurassique, le Danien et l'Eocène.

De ces nouvelles observations découlent deux conséquences importantes, déjà reconnues antérieurement par l'un de nous, mais qu'il convient de souligner à nouveau pour la Basse Provence orientale.

La première, d'ordre morphologique, est l'*existence, dès avant le Miocène moyen, d'un relief semblable dans ses grandes lignes au relief actuel.* Les zones anticlinales triasiques étaient déjà érodées jusqu'au Muschelkalk ou même jusqu'au Trias inférieur. Par suite d'une importante inversion du relief, les collines jurassiques tabulaires ou synclinales encadraient des lacs vers lesquels descendaient de courts torrents.

La seconde, d'ordre tectonique, est que, dans ces régions, l'effet de la phase alpine majeure (post-miocène) fut très atténué ou nul. Le Miocène ici décrit est pratiquement demeuré horizontal, ni plissé, ni faillé. *La structure complexe des collines comprises entre Brignoles et Draguignan est donc bien due exclusivement à la phase provençale, d'âge éocène moyen,* résultat en accord avec ceux obtenus précédemment.

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte du Jurassique inférieur (?) et du Jurassique moyen au Liban.* Note de M. **Georges Renouard**, présentée par M. Charles Jacob.

L'orographie et la structure du Liban sont commandées par la disposition de puissants calcaires et dolomies qui en constituent le noyau. Dans l'ensemble, le massif est tectoniquement plus haut au Nord du parallèle de Beyrouth qu'au Sud. Dans la partie haute, de grandes vallées entament profondément le Jurassique : une série de 1700^m de puissance maximum y est visible. Les couches les plus anciennes sont localisées dans les gorges du Nahr Ibrahim; sur les plateaux n'affleurent que les 500 derniers mètres. De bas en haut se succèdent :

1° Des dolomies compactes ou friables, parfois rubannées (300^m environ);

2° Des calcaires gris, plus ou moins dolomitisés et des dolomies avec rares intercalations marneuses; Lias ? (200^m).

3° Les mêmes éléments lithologiques que ci-dessus fournissent : *Pholadomya oblita* Mor. et Lyc., *P. reticula* Agas., *P. socialis* Mor et Lyc., *Ceromya* cf. *inflata* Agas., *Bra-*

chidontes bathonicus Mor. et Lyc., *Modiolus cuneatus* Sow., *M. subcancellatus* Buv., *Discina papyracea* Muns.; Bajocien (75^m) ([1]).

3° A l'Ouest se voient des alternances de bancs de dolomie et de dalles calcaires plus ou moins dolomitiques, avec rares intercalations marneuses, tandis qu'à l'Est il s'agit de dolomie. Cette série, de 650 à 700^m, renferme : à moins de 51^m de sa base : *Rhynchonella obsoleta* Sow., *R. bella* Buck., *R. longula* Quens., *Brachidontes bathonicus* Mor. et Lyc., *Lima subcardiiformis* Creppin; (Bathonien); à 200^m de la base : *Heligmus polytypus* Deslongchamps (Callovien inférieur probable); à 500^m de la base : *Pholadomya carinata* Gold., *P. lineata* Gold., *P.* cf. *parcicostata* Agas. (Callovien, Oxfordien inférieur).

5° Du calcaire massif (90^m environ), avec, vers le sommet : *a. Pseudocidaris mammosa* (Agas.) De Lor., *Balanocidaris glandifera* (Gold.); (Rauracien); *b. Hemipedina* cf. *tuberculata* Wright, *Rhynchonella azaisi* Stef. (*non* Cot.), *Cyprina* gr. *orbygniana* Etal., *Ceromya* cf. *excentrica* Agas., *Cardium septiferum* Buv. (Séquanien).

6° Un « complexe volcanique » aux faciès variés latéralement et verticalement, à abondant matériel d'origine volcanique (maximum 180^m). On y trouve, à la base : *Protocardia pesolina* (Cont.), *Ceromya excentrica* Ag., *Mytilus jurensis* Fla., *Brachidontes subectinatus* Sow., *Modiolus subæquiplicatus* Roe., *Lima* gr. *tumida* Roe., (Kimmeridgien); vers le sommet : *Ceromya excentrica*, *Ostrea* cf. *expansa* Sow., *Lima astartina* Thur., *Brachidontes autissiodorensis* Weir, *Ostrea matronensis* De Lor. (Portlandien inférieur); enfin à 15^m de la limite supérieure : *Pseudocidaris thurmanni* Agas., *Ostrea* cf. *expansa* Sow., *Clitopygus perroni* Etal. (Portlandien supérieur).

7° Une falaise calcaire et dolomitique avec silex : *Phyllobrissus thevenini* Étal., *Ostrea* cf. *expansa* Sow., *O. matronensis* De Lor.; (maximum 60^m) (Portlandien supérieur).

8° Une série calcaire oolithique ocre bleu, avec alternances d'argiles ou marnes, série massive à la base et formant falaise au sommet : *Clitopygus haimei* (Wright) De Lor., *Ostrea matronensis* De Lor.; (maximum 150^m) (Portlandien supérieur).

Au-dessus vient, sans discordance et localement sans lacune, le grès du Crétacé inférieur.

Cette succession comprend tous les étages du Jurassique moyen et supérieur. Il est même probable que le niveau 2, actuellement à l'étude, et le niveau 1, azoïque, appartiennent au Lias.

Les récoltes antérieures avaient toutes été faites dans le Jurassique terminal (les gorges du Nahr Ibrahim sont d'accès difficile) et l'ensemble du Jurassique du Liban avait été rapporté au Jurassique supérieur. Pour le versant syrien de l'Hermon, H. Vautrin ([2]) a donné des conclusions comparables aux nôtres, sans cependant pouvoir dater le Bajocien, ni le Portlandien avec certitude. Les épaisseurs ne concordent pas dans le détail, mais pour l'ensemble.

Il semble donc bien qu'il soit possible de conclure à la régularité de développement du Jurassique au Liban et dans l'Anti-Liban. C'est le plus souvent le long des grands accidents que les séries apparaissent sur les plus grandes épaisseurs, mais des décollements en cachent alors la base : Barouk, Massif du

---

([1]) Les Échinides ont été déterminés par J. Roger; les Brachiopodes, par G. Gatinaud; les Lamellibranches, par Mlle D. Mongin.

([2]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1438.

Chékif. Cette homogénéité de développement était apparue à L. Dubertret [3], qui a pressenti nos conclusions, sans toutefois pouvoir les appuyer sur des données paléontologiques.

GÉOLOGIE. — *Un lambeau de calcaires carbonifères au Nord-Ouest d'Istanbul.* Note de Mme **Ernest Chaput** et M. **Ismail Yalcinlar**, présentée par M. Charles Jacob.

A une dizaine de kilomètres au Nord-Ouest d'Istanbul, des calcaires, considérés jusqu'à présent comme dévoniens, sont d'âge carbonifère.

Aux environs immédiats d'Istanbul, dans la région du Bosphore et de la Corne d'Or, les terrains dévoniens forment de vastes massifs et s'enfoncent, vers le Sud-Ouest, sous le Néogène de la Thrace orientale. Si les calcaires, schistes et grès couvrent de larges étendues sur les deux rives du Bosphore, les schistes et grès sont seuls représentés sur la rive gauche de la Corne d'Or. Jusqu'à présent, on avait retrouvé des calcaires seulement « à 6^{km} au Nord-Ouest de la fourche terminale de la Corne d'Or », et reconnu, dans ces calcaires, des « débris de Polypiers paléozoïques » (M. Suat Erk) [1], sans autre précision. Une exploration l'an dernier dans cette région nous a permis de recueillir des fossiles dont la détermination conduit à des conclusions intéressantes.

De vastes carrières, situées à une dizaine de kilomètres au Nord-Ouest d'Istanbul, montrent des calcaires foncés, bleus, en général très massifs, parfois d'aspect marmoréen, avec nombreuses veines de calcite. Ils sont visibles dans la vallée d'un petit cours d'eau et sur un grand plateau uniforme, formé de schistes argileux, micacés, de grauwackes et de grès paléozoïques. Dans ces assises, les fossiles sont recristallisés et, en général indéterminables. Nous avons cependant pu recueillir quelques exemplaires de *Daviesiella comoides* Sow., *Spirifer subrotundatus* Mc Coy et des Polypiers, en particulier *Lithostrotion Martini* M. E-H (détermination de M. Alloiteau) avec *Syringopora ramulosa* Phill. et *Syringopora geniculata* Phill. Les Crinoïdes sont nombreux, mais indéterminables. Des plaques minces de ces calcaires bleus montrent des représentants des genres *Endothyra*, *Ammodiscus*, *Nummulostegina*.

Une apophyse andésitique traverse ces calcaires, en direction Nord-Sud, les transformant en « tufs » marrons, friables, avec fossiles isolés. Ces

---

(3) *C. R. Soc. Géol. Fr.*, n° 2, 1950, p. 12-13 et notice explicative de la Feuille géologique au 50 000e de Djezzine, Beyrouth, 1950.

(1) E. Chaput, *Voyages*, 1936, p. 168.

« tufs » nous ont fourni une faune dans laquelle M. G. Delépine a bien voulu reconnaître les espèces suivantes : *Productus semireticulatus* Martin, *Pr. sulcatus* Sow., *Pr. scabriculus* Mart., *Pr. cora* d'Orb., *Pr. (Pustula) punctatus* Mart., *Pr. (Pustula) pustulosus* Phill., *Pr.* aff. *martini* Sow., *Spirifer subrotundatus* Mc Coy, *Sp. bisulcatus* Sow., *Sp.* aff. *striatus* Mart., des contre-empreintes d'*Orthotetinæ*, des moules internes avec empreintes de muscles ou vascularisation de grands *Schizophoria*, de nombreux fragments de *Cyrtina*, probablement *Cyrtina septosa*.

L'ensemble de cette faune correspond à la partie supérieure du Dinantien, c'est-à-dire au Viséen. Cependant, comme il n'y a pas de représentants du groupe de *Productus giganteus*, on peut penser que le niveau n'est pas le plus élevé du Viséen. Elle renferme des espèces communes avec les faunes du même âge de la grande zone carbonifère de Zonguldak-Amasra, et de celles des gisements du Taurus, de Balia-Maden et enfin de Lodomu, ces derniers signalés par E. Chaput, en 1933, à 10km au Sud d'Ankara.

Ces calcaires viséens sont entourés de formations schisteuses, toujours très plissées, disloquées, parfois redressées jusqu'à la verticale, tandis que les calcaires ne sont pas plissés et représentent un anticlinal, faillé dans la partie méridionale et dont les charnières s'allongent du Sud-Ouest vers le Nord-Est. Peut-être les schistes représentent-ils le Viséen gréso-schisteux reconnu à Zonguldak avec « intercalations » du Culm et bancs calcareux (Fl. Charles).

L'ancienne formule : « L'Éocène repose sur le Dévonien à l'Ouest d'Istanbul » peut donc être rajeunie, car, en définitive, l'Éocène y repose, au moins partiellement, sur le Carbonifère.

GÉOLOGIE. — *Sur quelques roches de la Terre Adélie.* Note de MM. **Edgar Aubert de La Rüe** et **Paul Tchernia**, présentée par M. Paul Fallot.

Les roches examinées sont principalement métamorphiques et dans l'ensemble comparables à celles précédemment décrites de la Terre voisine du Roi Georges V. Parmi de nombreux éléments d'origine erratique, des paragneiss amphiboliques plus ou moins fortement granitisés et passant à un granite porphyroïde, affleurent en place au cap Margerie.

Les seuls échantillons provenant jusqu'à présent de la partie française de la Terre Adélie, une diorite et des gneiss, avaient été rapportés d'un îlot voisin de la côte (Rocher du Débarquement) par l'expédition de Dumont-d'Urville. Les roches faisant l'objet de cette Note ont été recueillies par l'un de nous (P. T.) en janvier-février 1950 et offertes au Laboratoire de Géologie du Muséum (Coll. 51-1) par la Marine nationale. Les unes ont été

prélevées en place, les autres à l'état roulé parmi les moraines, en deux points de la côte de la Terre Adélie.

Les récoltes les plus importantes proviennent du cap Margerie (Port-Martin) où la roche en place est représentée par des paragneiss amphiboliques micacés, riches en magnétite et très foncés. Ces gneiss ont été plus ou moins fortement granitisés et transformés en migmatites. On note toutes les formes de passage entre la roche normale, très fissile, se débitant en minces feuillets verticaux et un grainite porphyroïde grossier, riche en éléments colorés, à grands cristaux de microcline rosé, qui paraît largement représenté. Le faciès intermédiaire dominant correspond à un gneiss très mélanocrate, sur le fond sombre duquel se détachent, en proportion variable, de gros porphyroblastes de feldspath gris rosé.

Un certain nombre d'échantillons appartiennent à divers types d'amphibolites, plus ou moins feldspathiques, qui s'apparentent aux gneiss cités et proviennent sans doute d'affleurements voisins. Certaines amphibolites sont traversées par des veines d'aplite rougeâtre. D'autres montrent des veinules de quartz ou, plus souvent, des nids de calcite d'un blanc jaunâtre, d'origine primaire. Une amphibolite feldspathique, traversée par des veines irrégulières de granite blanc, apparaît comme une migmatite caractéristique. Un micaschiste à biotite n'est autre, sans doute, qu'une partie surmicacée des gneiss ou des amphibolites.

Parmi les roches du cap Margerie, recueillies aux abords de la station et dans un rayon de quelques centaines de mètres, plusieurs sont erratiques. Elles ont, en effet, un faciès quelque peu différent des précédentes qui ont entre elles un air de famille très accusé. Les types intrusifs comprennent une pegmatite rose, pauvre en biotite, montrant par places une structure graphique. Une pegmatite semblable est associée à un granite alcalin gris rosé, à biotite et à hornblende, d'un grain assez grossier. Il faut signaler une aplite rougeâtre, roche écrasée, formée de microcline et de quartz, avec de rares paillettes de biotite et des grains de magnétite. Des blocs roulés d'une granodiorite à hornblende et sphène, d'autres d'une diorite quartzifère gneissique, finement cristalline, un peu chloriteuse et épidotisée, accompagnent ces roches granitiques.

Une amphibolite paraît également erratique. Il s'agit d'une roche à grain fin, d'un gris verdâtre, renfermant en abondance, à l'état microscopique, de l'apatite et du zircon. Provenant également du cap Margerie, un fragment de quartz blanc, un peu chloriteux et épidotique, ne contient aucune minéralisation.

Les autres roches ont été prises au cap Géologie, distant d'une quarantaine de kilomètres à vol d'oiseau à l'Ouest du cap Margerie. L'état roulé de ces échantillons et leur nature disparate laissent penser qu'ils ont été amenés de l'intérieur des terres par les glaciers.

Les roches métamorphiques sont représentées par une migmatite correspondant à un gneiss à hornblende avec de petits cristaux de sphène, traversé par des bandes d'aplo-pegmatite. Le caractère gneissique de la roche n'est pas partout très accusé et certains blocs sont franchement granitiques. La présence d'un fragment de marbre blanc est intéressante à connaître. Il s'agit d'un calcaire cristallin, assez fortement magnésien, exempt de minéraux étrangers. Un échantillon de quartz filonien oxydé, en relation avec une amphibolite, renferme de petites inclusions de pyrrhotite.

Parmi les types intrusifs se rangent une granodiorite à hornblende et une diorite quartzite micacée, très semblables à celles trouvées au cap Margerie, ainsi qu'un bloc unique d'une rhyolite calco-alcaline rougeâtre, probablement filonienne. Celle-ci montre, au premier temps, de nombreux phénocristaux de hornblende, biotite, orthose et quartz, ces derniers fortement corrodés, se détachant sur une pâte finement cristalline, formée de quartz et de feldspath.

Les roches récemment rapportées de la Terre Adélie sont principalement de nature métamorphique et dans l'ensemble assez banales et comparables à certaines de celles antérieurement connues et étudiées autour de Commonwealth Bay, à 70^{km} à l'Est du cap Margerie, par l'expédition australienne de Sir Douglas Mawson (1911-1914). Les roches du secteur français sont moins variées que celles décrites notamment par F. L. Stillwell [1] et C. E. Tilley [2], mais cela tient sans doute au fait qu'il s'agit de récoltes rapides et limitées, n'intéressant que deux points du littoral de la Terre Adélie.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence d'un accident tectonique en bordure nord du Haut-Atlas oriental marocain (Atlas saharien).* Note de M. **Renaud du Dresnay**, présentée par M. Paul Fallot.

Le Haut-Atlas oriental, dans sa partie frontalière algéro-marocaine, était, jusqu'à présent, considéré comme formé d'un faisceau de plis relativement simples, établissant une transition entre le socle des Hauts Plateaux Oranais, au Nord, et le domaine rigide saharien, au Sud de Figuig.

Le seul accident connu [1] était la faille majeure du Jebel Grouz, fracture

---

[1] *Australasian Antarctic Expedition*, 1911-1914; *Scientific Reports*, Ser. A, vol. III, part I; *The metamorphic rocks of Adelie Land. Adelaide*, 230, 1918, p. 35, pl.

[2] *Ibid, The metamorphic limestones of Commonwealth Bay, Adelie Land.*, vol. III, part. II, 1923, p. 231-244.

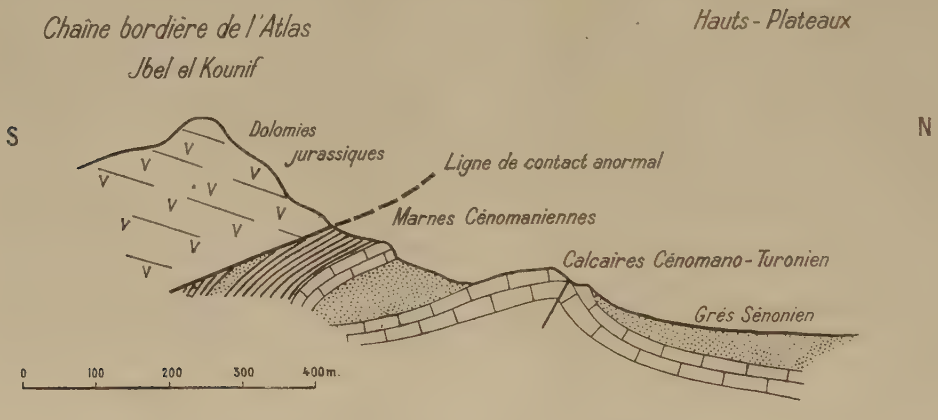
[1] P. Russo, *C. R. Som. Soc. Géol. Fr.*, 1934, p. 105 et *B. S. G. F.*, (5), 4, 1934, p. 375-384.

verticale qui, de Talzaza à Figuig, prolonge l'accident Sud-Atlasique (flexure saharienne), observé depuis Agadir jusqu'à Bou Denib.

Or la chaîne bordière du Nord du Haut-Atlas oriental offre une structure tectonique plus compliquée encore. Elle se présente comme un anticlinal cassé, déversé vers le Nord, et donnant lieu, par places, à de véritables chevauchements.

La ligne de contact entre les chaînons liasiques du Haut-Atlas et les Hauts-Plateaux, recouverts de séries de comblement sénoniennes et probablement aquitaniennes, se traduit cartographiquement par une ligne sinueuse présentant de nombreuses indentations.

Les terrains les plus récents, turoniens (barre calcaire), sénoniens (grès rouges avec intercalations de calcaires azoïques) et tertiaires (grès orangés et conglomérats représentant, peut-être l'Aquitanien), y sont recouverts fréquemment par les couches dolomitiques du Lias et du Dogger.



Coupe NS à travers le Jebel el Kounif.

C'est au Jebel Klakh qu'a été mis d'abord en évidence le recouvrement du Turonien calcaire par les dolomies du Jurassique. La barre calcaire du Turonien formant, sous les dépôts sénoniens et (?) aquitaniens, le substratum subhorizontal des Hauts-Plateaux, est ici redressée, et se présente tantôt verticalement, tantôt avec un pendage sud, sous les dolomies et calcaires dolomitiques du Jebel Klakh sensiblement horizontaux. Parfois même, la couche résistante du Turonien a été plusieurs fois repliée sur elle-même et forme une série de rides et d'anticlinaux déversés vers le Nord ou brisés, en avant de la falaise dont le Jurassique tend à la chevaucher. Entre les indentations du Jurassique horizontal chevauchant et la barre turonienne redressée, apparaissent à la suite du Turonien, les marnes bariolées cénomaniennes, puis le sommet du Dogger, formé principalement de marno-calcaires à Echinodermes (*Sphærotiaris meandrina* séparés par des bancs marneux, avec quelques barres dolomitiques. Ces couches, en général verticales, ont subi le même redressement que le Turonien.

En suivant la chaîne bordière vers le Sud-Ouest à Foum Defla, entre le Jebel Klakh et le Jebel el Kounif, on retrouve quelques noyaux de calcaires blancs du Turonien et des marnes bariolées du Cénomanien contre les dolomies du Jurassique ou pointant sous elles.

Le Jebel el Kounif présente, en avant de la falaise dolomitique jurassique qui domine, au Nord, les Hauts-Plateaux, un phénomène similaire; un profil perpendiculaire y recoupe trois fois la même corniche turonienne, enveloppant au cœur de ses plis des lambeaux de conglomérats supposés aquitaniens. Cette barre turonienne devient plus tranquille à mesure que l'on s'éloigne de la zone plissée atlasique vers le socle plus stable des Hauts-Plateaux où elle est horizontale.

Les mouvements tectoniques semblent avoir atteint leur paroxysme dans le Jebel Bou Mokhta, au Sud de Bou Arfa, dont l'accident principal paraît être le recouvrement, par le Lias, lui-même brisé et fracturé, des formations jurassiques et crétacées du cirque de Bou Arfa.

A l'Ouest de Bou Arfa, dans le Jebel Kif el Hamar, cette ligne de contact anormal se perd dans les formations du Lias et du Dogger également dolomitiques, qui paraissent décollées du socle primaire sur lequel elles se placent sans aucun ordre.

Plus à l'Ouest encore, au Nord du Tamlelt, les formations ont été trop érodées pour qu'il subsiste des restes de la série liasique chevauchante, mais le contact brutal du Primaire du Tamlelt contre les barres calcaires du Dogger et du Turonien redressées à la verticale (ou même avec pendage sud) peut s'interprêter également comme le témoignage d'un rebroussement de la couverture des Hauts-Plateaux sous l'effort d'une poussée chevauchante venue du Sud.

A l'Est du Jebel Klakh, le même accident se poursuit dans le Jebel Dough, où, par relais successifs, l'anticlinal faillé présente, sur son revers nord, comme au Jebel el Kounif, les mêmes plis disharmoniques affectant la corniche turonienne. Puis l'accident se prolonge vers l'Algérie où, sur le flanc nord du Jebel el Oust, suite naturelle du Jebel Dough, les dolomies du Dogger recouvrent les grès rouges tertiaires. (²)

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence d'un accident tectonique Nord-Atlasique, dans la région de Forthassa (département d'Oran).* Note de M. **Denis Galmier**, présentée par M. Paul Fallot.

Au cours de prospections j'ai pu, dans la région frontalière algéro-marocaine, du Djebel Dough au Djebel el Oust et aux environs de For-

(²) A. Cornet, *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord*, 38, 1947, p. 63-68.

thassa, mettre en évidence un accident tectonique nord-atlasique et en dégager les principaux caractères.

Cet accident avait déjà été pressenti en 1946 par A. Cornet [1] près de Forthassa, mais il y présente un aspect particulier. Loin d'être une simple faille verticale limitant, au Nord-Ouest la chaîne bordière nord-atlasique, il consiste, en réalité, en un déversement vers le Nord-Ouest exagéré, parfois, jusqu'à un véritable chevauchement.

La ligne de contact anormal, qui se suit du Djebel Dough aux puits de Galloul, sépare deux séries stratigraphiques différentes :

a. Au Nord-Ouest, série crétacée et tertiaire :

Calcaires en plaquettes et marnes du Cénomanien;

Calcaires dolomitiques blancs, parfois à silex et dolomies rosées du Turonien;

Conglomérat à gros galets de calcaire turonien et de grès plus anciens, normalement superposé au Turonien.

Cet ensemble s'enfonce vers le Nord sous les formations continentales du Chott Tigri qui comprennent :

Grès rouges tendres sénoniens;

Un conglomérat à opale de 3^{m}, horizontal, discordant d'environ 5° sur les précédents (Bouib ech Cheir);

Grès rosés horizontaux, à lentilles de petits galets, du Tertiaire Continental.

b. Au Sud et Sud-Est, Bajocien et Bathonien, essentiellement gréso-dolomitiques, sont datés par des lentilles de calcaire pisolitique du Bajocien supérieur et des intercalations de marnes et lumachelles à Rhynchonelles du Bathonien. Le Lias supérieur apparaît même localement.

L'accident proprement dit est jalonné par des grès roses aquitaniens pincés entre le Turonien et la série Jurassique. Le chevauchement se traduit sur la carte par une ligne ondulée.

Les anticlinaux jurassiques de la chaîne bordière viennent buter obliquement contre l'accident, en donnant lieu à des relais, dont l'un est visible près de Forthassa.

A Ain Bab-er-Rouah (Djebel Dough), le Dogger dolomitique chevauche à 30° environ le Turonien plissé en accordéon, écaillé et déversé vers le Nord-Ouest. Là sont visibles trois écailles et un dernier repli où le calcaire, normalement subhorizontal, s'enfonce rapidement à la verticale sous la couverture du Chott Tigri.

Le Dogger est lui-même pincé en synclinal immédiatement au Sud-Est de l'accident majeur; une faille verticale parallèle à celui-ci laisse apparaître localement le Lias supérieur. Le rejet de cet accident secondaire est de l'ordre de 200 à 300^{m}.

Le chevauchement du Djebel Dough se retrouve encore plus violent au Djebel Klakh, ainsi que M. Du Dresnay le montre par ailleurs.

---

[1] *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de l'Afrique du Nord*, **38**, 1947, p. 63-86.

A Haci el Ksob, les grès aquitaniens à lits de galets, à pendage 70° Sud-Est, forment un petit synclinal pincé entre deux écailles de calcaire turonien en avant de l'accident majeur.

Le long du Djebel el Oust, en allant vers le Nord-Est, la tectonique devient plus calme. Le Dogger se déverse sur les grès roses aquitaniens, alors que la barre turonienne ne forme plus que deux replis anticlinaux réguliers.

A quelques kilomètres au Sud-Ouest de Forthassa, un relais s'amorce. Une première barre dolomitique jurassique se poursuit le long de l'accident principal, alors qu'une seconde, au Sud de l'accident accessoire, se termine périclinalement au Djebel el Oust. Entre les deux débute un synclinal, qui, d'abord pincé et faillé, avec surface de refoulement au Sud-Ouest de Forthassa, s'étale à Forthassa même.

Sous la redoute de Forthassa, une faille inclinée à 45° Sud-Est amène les conglomérats post-turoniens du Dalaa Sefra sous les grès et dolomies du Dogger.

Peu à peu vers le Nord-Est, l'accident diminue d'importance. Vers Forthassa Cherguia, un synclinal à bords de calcaires turoniens est redressé à la verticale au contact des dolomies.

Enfin, au pied du flanc nord-ouest du Djebel Guettar, on suit jusqu'au Djebel Arar une faille verticale, ou plutôt une série de petites failles redressant des grès bathoniens.

En résumé, le chevauchement, encore sensible à Aïn Bab-er-Rouah, avec un rejet horizontal de plus de 3 000^{m}, tend à perdre sa composante horizontale plus au Nord-Est. Ce fait est souligné par l'apparition d'un synclinal supplémentaire dans le Dogger (synclinal de Forthassa), en même temps qu'un synclinal supplémentaire naît dans la série crétacée au Nord de l'accident.

Alors que certains interprètent les relais sud-atlasiques par une poussée au vide, l'allure de l'accident nord-atlasique implique une poussée orientée vers le Nord-Ouest, c'est-à-dire vers la zone résistante des Hauts-Plateaux du Maroc Oriental.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les faciès à Spongiaires du Crétacé supérieur de la région niçoise (Alpes-Maritimes).* Note (*) de Mme **LUCETTE LAGNEAU-HÉRENGER**, transmise par M. Léon Moret.

Étude d'un beau gisement de Spongiaires siliceux admirablement conservés venant compléter nos connaissances sur les faunes sénoniennes du Midi de la France. Ce sont essentiellement des Lithistides, et appartenant à tous les groupes connus.

Les couches à Spongiaires sont fréquentes dans le Sénonien de la région de

(*) Séance du 19 février 1951.

Nice et particulièrement fossilifères en certains points. Un gisement important est celui du ravin de Laghet, situé près de la Turbie, sur la route reliant cette localité à la Trinité-Victor. Il a fourni de nombreuses Éponges siliceuses dont le squelette, généralement transformé en calcédoine, a pu être étudié naguère par L. Moret (1). Par la suite, j'ai déterminé les Éponges provenant d'un gisement situé entre Menton et Castillon et qui ont aussi conservé leur réseau squelettique siliceux, alors que celles du gisement de la Redonne sont moins intéressantes, étant souvent calcifiées (2).

En revanche, le gisement de Gorbio, petit village perché au-dessus de Menton et dont je désire parler plus spécialement ici, est riche en Spongiaires à squelette admirablement conservé avec spicules dermaux et se dégageant parfaitement par attaque à l'acide (3). Non seulement j'y ai retrouvé des espèces déjà connues, mais j'ai pu y mettre en évidence de nombreuses formes nouvelles de Tétracladines, Rhizomorines et Corallistides. Seules les Lithistides y sont représentées et se répartissent comme il suit :

RHIZOMORINES. — *Scytalia radiciformis* Phillips sp., *S. terebrata* Phillips sp., *Chonella tenuis* Roemer sp., *Seliscothon phlyctioides* Moret, *S. cylindricum* Moret, *S. planum* f. *aciculatum* Quenstedt, *Azorica* sp., *Stichophyma* sp., *Jereica* sp., *Cytoracea turbinata* Schrammen.

CORALLISTIDES. — *Phalangium cylindratum* Schram., *Procorallistes polymorphus* Schram., *P. obliqua* Michelin sp., *Gignouxia niciensis* Moret.

MÉGAMORINES. — *Doryderma* (*Brochodora*) *ramusculus* Schram., *D. Rœmeri* Hinde, *Heterostinia obliqua* Benett sp., et *Isoraphinia texta* Roemer sp., espèce qui abonde au même niveau en Angleterre et en Allemagne et trouvée pour la première fois dans notre pays, à Gorbio.

TÉTRACLADINES. — *Phymatella bulbosa* Zittel, *P. sphaeroides* Schram., *Turonia variabilis* Mich., *T. cerebriformis* Schram., *Thecosiphonia nobilis* Roemer sp., *Calymmatina sulcataria* Mich., *Jerea Quenstedti* Zittel, *Polyjerea lobata* Hinde, *Siphonia pyriformis* f. *micropora* Schram., *tubulosa* Roemer, *arbuscula* Mich., *ficus* Goldf., *coronata* Court., *S. Königi* Mantell sp., *Discodermia stellata* Moret, *D. antiqua* Schram., *Pseudojerea* sp., *Rhagadinia rimosa* Roemer sp., *Phymaplectia cribrata* Hinde, *Eustrobilus callosus* Schram., *Prokaliapsis clavata* Hinde sp., *Astrocladia ramosa* Mich., *Dactylotus* sp.

SPHAEROCLADINES. — *Cladodia Kiliani* Moret, *Exodictidia* sp.

L'intérêt de ce gisement réside non seulement dans l'apport de formes nouvelles, qui seront décrites ultérieurement, mais encore dans l'excellente conservation de ses échantillons. A côté des Corallistides et des Tétracladines nouvelles, paraissant spéciales au gisement de Gorbio, on retrouve des formes fréquentes dans les gisements de l'Angleterre et de l'Allemagne ainsi que dans

---

(1) *Mém. Soc. Géol. France*, n° 5, 1926.

(2) *Trav. Labor. Géol. Grenoble*, 25, 1946.

(3) Le gisement se trouve exactement à la Croix de Murator, le long du sentier qui mène de Gorbio à Roquebrune.

les gisements voisins, en particulier ceux du ravin de Laghet dont les conditions sont d'ailleurs analogues. Les Spongiaires s'y trouvent en effet dans un calcaire marneux à grain fin, de teinte bleuâtre et riche en Foraminifères pélagiques. Les Éponges ont conservé leurs spicules dermaux, ce qui indique qu'elles ont vécu en eaux profondes et calmes, et la présence de nombreux Oursins limivores (*Micraster*) associés confirme cette hypothèse. La prédominance des Spongiaires cylindriques, longuement pédonculés, indique également qu'ils n'ont pu se développer ainsi que dans des zones relativement profondes.

Par contre, il faut noter la présence de nombreuses espèces de Corallistides, qui sont plutôt des organismes de formations néritiques, alors que les Hexactinellides qui auraient pu s'accommoder de ces profondeurs y font entièrement défaut. On sait en effet que ces dernières sont fort bien représentées dans le gisement contemporain de Saint-Cyr (Var), gisement de faciès plus littoral et également riche en Lithistides. C'est cette constatation qui avait déjà amené L. Moret à supposer que la répartition bathymétrique des Spongiaires fossiles devait être différente de celle des formes vivantes.

MÉTÉOROLOGIE. — *L'invasion d'air radioactif d'origine atomique et son influence sur les précipitations atmosphériques.* Note (*) de M. **Hubert Garrigue**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Il n'y a plus de doute sur l'origine « atomique » du nuage radioactif décelé pour la première fois le 20 juillet 1946 à 6 000^{m} d'altitude. Les noyaux radioactifs doivent constituer des noyaux de condensation.

Nous avons signalé précédemment comment nous procédions depuis 1946 à la prospection de la radioactivité de l'air, au sol, ainsi qu'à bord d'avions et dernièrement à bord de l'avion-laboratoire du Service de l'Aviation légère et Défense nationale ([1]). Les mesures aériennes entreprises depuis janvier 1950 ont permis de détecter à nouveau le corps radioactif complexe appelé « A », de période apparente 20 à 30 heures. Les résultats peuvent se schématiser dans le tableau suivant :

Date.	Maximum observé (*).	Altitude.	Période apparente des particules recueillies.
11 juin 1950	$0,01.10^{-18}$	2 000^{m}	20 à 30 heures
13 janvier 1951	0,03 »	4 000	20 à 30 heures
3 février 1951	0,15 »	4 100	30 à 50 heures, à déterminer. Sans résidu à plus longue période.
7 »	Traces ?	4 550	?
15 »	Néant	3 300	–

(*) Du nuage radioactif, exprimé en équivalent de curie de radon par centimètre cube de volume exploré.

(*) Séance du 26 février 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2279-2280.

Il convient de remarquer que le vol du 13 janvier 1951, ainsi que celui du 3 février 1951 (maximum d'activité en 1951) ont été effectués dans des nuages moyens d'aiguilles de glace. Plus particulièrement, le 3 février 1951, on a évolué dans des nuages d'onde, jusqu'à 4100^m d'altitude à des températures de —13°C seulement. Le début des plages ascendantes de ces nuages était constitué par du brouillard en surfusion, tandis que la partie supérieure des ascendances, la plage étale, et la plage descendante étaient faites d'aiguilles de glace, donnant le halo, le parhélie et ce que l'on peut appeler un spectre blanc, anneau elliptique très brillant, entourant le parhélie inférieur.

Le vol du 11 juin 1950 (maximum d'activité de 1950) a été effectué dans une période de sécheresse.

Au contraire, les vols des 7 et 15 février 1951 (activité non décelable), effectués peu de temps après l'époque du maximum observé (3 février 1951) ont eu lieu après d'abondantes précipitations générales sur le continent.

On peut ainsi formuler les conclusions suivantes.

Conclusions. — 1° L'accroissement brusque d'activité à longue période observé le 3 février 1951 lève les doutes sur l'origine du corps radioactif complexe appelé « A », mis en évidence en France dans des conditions opératoires analogues et pour la première fois dans le monde, 20 jours après la première explosion atomique expérimentale de Bikini (1er juillet 1946) (²). Il s'agit bien d'un « nuage radioactif » provenant soit directement des explosions atomiques, soit, par filiation, des produits issus de ces explosions.

2° Une grande partie du « nuage radioactif », sitôt après l'explosion, perce la tropopause et s'étale dans la stratosphère : les produits radioactifs évoluent et retombent lentement sur la Terre, alimentant probablement la radioactivité que l'on décèle à moyenne altitude, à longue échéance.

3° La partie du nuage radioactif qui diffuse directement sous la tropopause fournit d'abondants et actifs noyaux de condensation, qui doivent affecter profondément le processus des précipitations à courte échéance; on a en effet trouvé le maximum d'activité (3 février 1951) dans des alto-stratus d'onde, dans lesquels prenaient naissance les aiguilles de glace à une température égale ou supérieure à —13°C seulement, c'est-à-dire sur des noyaux de condensation. Les précipitations lavent ensuite l'atmosphère : après ces précipitations, on a trouvé de l'air pur (7 et 15 février 1951).

Ces conclusions permettent de supposer qu'un conflit atomique important contaminera seulement des zones relativement restreintes, sur les lieux et autour des explosions, à condition qu'il règne, sur ces zones, une période de pluies. Par contre, on peut penser que la réserve de noyaux radioactifs diffusée dans la stratosphère modifiera l'allure générale des phénomènes météorologiques à longue échéance, sur une grande étendue du globe.

(²) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1583.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Rôle de l'organe traité par l'hétéroauxine dans le déclenchement d'une courbure.* Note (*) de M. **François Nysterakis**, présentée par M. Raoul Combes.

Lors du déclenchement d'une courbure provoquée expérimentalement chez les vrilles de la vigne, des facteurs internes agissent en commun avec l'acide indol-β-acétique appliqué. Ces facteurs n'interviennent pas pendant toute la durée du cycle végétatif de la vigne.

J'ai déjà signalé [1] que les vrilles de la vigne se courbent fortement en présence de lanoline mélangée à un aphide ou contenant de très faibles quantités d'hétéroauxine; mais qu'elles ne réagissent pas toujours en présence des mêmes doses de phytohormones [2].

On admet généralement que les auxines exercent leur action à travers un jeu d'enzymes et de métabolites. Comme le fait remarquer P. Chouard (1949), la présence ou l'absence de ces facteurs jouerait vis-à-vis de l' « action primaire » des auxines le rôle de facteur limitant. Pour ce qui est de l'action des auxines sur l'extensibilité des cellules je me bornerai à rappeler les recherches de Thimann et Miss Sweeney (1937), et Thimann et Bonner (1948). Pour étudier l'importance relative de quelques facteurs dans le déclenchement d'une courbure provoquée chez la vigne, j'ai traité simultanément à la lanoline auxinée : 1° des vrilles d'âge différent portées par des vignes cultivées en plein air; 2° des vrilles prélevées sur les mêmes plantes et introduites dans une chambre à température et humidité constantes; leurs bases plongeant dans l'eau, j'ai fait varier la température entre 15 et 35° et l'état hygrométrique entre 40 et 100 %.

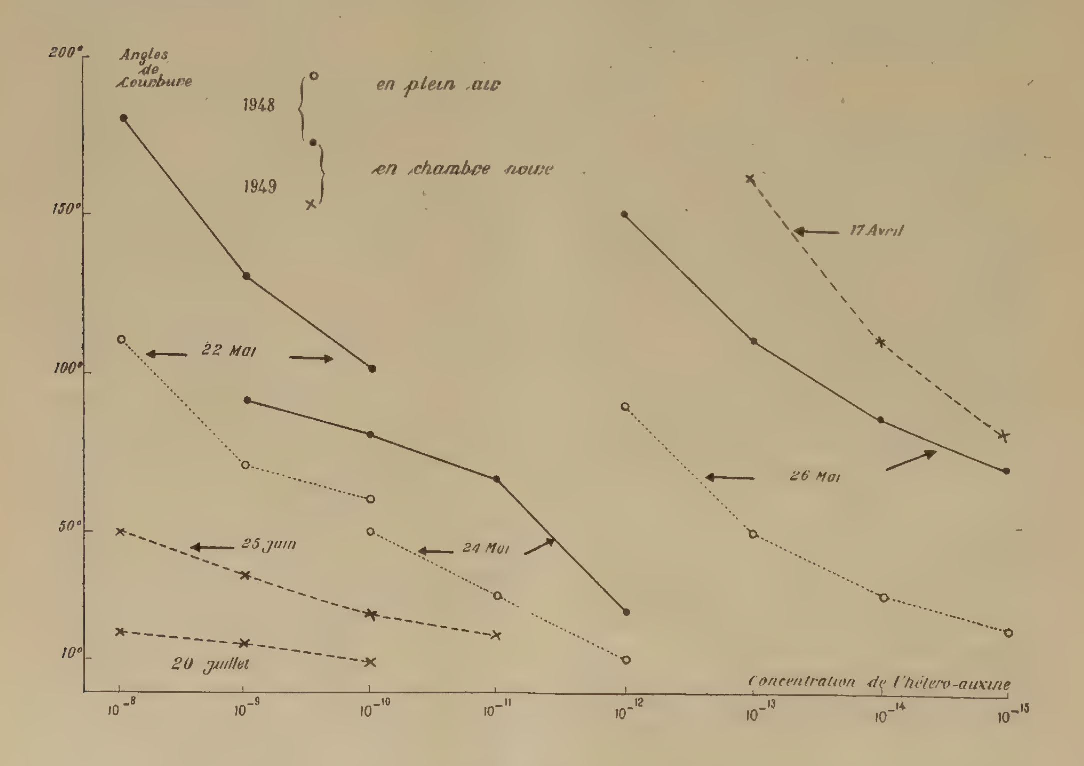
Voici quelques-unes de mes observations. A 15° C et 95 % d'humidité, 3 heures après l'application des doses d'acide indol-β-acétique allant de 10^{-8} à 10^{-15}, les vrilles détachées se sont courbées sous un angle de 0 à 45°; à 23° C, j'ai observé des courbures jusqu'à 250°, parfois même davantage. Lorsque l'état hygrométrique oscillait entre 80 et 100 % (à 23°), il favorisait, dans des limites restreintes, l'intensité du phénomène; une humidité inférieure à 60 % était néanmoins défavorable. Les vrilles traitées simultanément en plein air (18° C, humidité 50 à 70 %) présentaient des cour-

(*) Séance du 26 février 1951.

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1917-1919 et **229**, 1949, p. 527-529.

(2) Les courbures provoquées par des doses inférieures à 10^{-22} d'hétéroauxine ne peuvent s'expliquer qu'en admettant une répartition inégale de l'acide dans l'excipient, ou encore, par l'apparition de phénomènes électriques résultant de la trituration de l'acide avec la lanoline. Cette dernière façon de voir présente des points communs avec certains faits signalés dans le cas du cancer.

bures toujours inférieures à 120°. En outre, d'une façon générale, les vrilles de la variété « Chasselas doré » se courbent fortement dans la région de Toulouse durant les mois d'avril, mai, début juin. Si la longueur de leurs ramifications est inférieure à 3cm (3) et si leur croissance est terminée, l'angle est très faible (1er cas), ou le plus souvent nul (2e cas). Elles se courbent surtout lorsque leur croissance est rapide; toutefois, il existe de nombreuses exceptions. Cependant, à n'importe quel moment du cycle végétatif de la vigne, il y a des jours et même des semaines où les vrilles réagissent et d'autres jours où il n'y a pas la moindre réaction. Et, fait important à retenir, en présence de doses identiques d'hétéroauxine, c'est lorsque les vrilles traitées se courbent en pleine nature que celles détachées et introduites dans une chambre noire réagissent aussi.



Les courbes ci-dessus, dont l'allure générale a été vérifiée encore en 1950, font ressortir quelques-uns des résultats obtenus. Les jours où les vrilles n'ont pas réagi ne sont pas mentionnés; je citerai à titre d'exemples les 20 avril, 21 mai, 10 et 13 juin 1948. L'angle moyen pour chaque concentration est calculé sur 30 vrilles et mesuré 3 heures après l'application.

D'après ces données, il semble : 1° que les vrilles ne réagissent pas certains jours en présence de doses élevées d'hétéroauxine (10^{-8}), tandis

(3) *Voir* travaux de Burström (1941-1945) sur les étapes d'élongation cellulaire.

que d'autres jours des doses bien inférieures (10^{-15}) déterminent des courbures importantes; 2° si les vrilles sont aptes à se courber en présence de l'hétéroauxine, la température, l'humidité, la dose d'acide appliqué jouent un rôle certain dans l'intensité de la réaction; 3° lors du déclenchement d'une courbure provoquée chez les vrilles, des facteurs internes agissent en commun avec l'acide appliqué pendant des intervalles limités et variables d'une année à l'autre.

Ces résultats militent en faveur de l'hypothèse d'après laquelle l'hétéroauxine exercerait ses multiples actions en se combinant avec d'autres substances spécifiques de la plante.

MORPHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contre la théorie généralisée des carpelles-sporophylles*. II. *Phylogénie structurale de la placentation dans le groupe* Juglans-Carya (Juglandaceæ). Note de M. **Jean-F. Leroy**, présentée par M. Roger Heim.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons fait connaître la structure singulière de la placentation chez une plante primitive du phylum des *Carya*, *Annamocarya sinensis* (Dode) J.-F. Leroy. Ce type structural, unique chez les *Juglandaceæ*, nous paraît donner la clé de l'évolution placentaire dans cette famille. Nos recherches sur la morphologie comparée des placentas nous ont, en particulier, amené à découvrir une remarquable série phylétique chez les *Carya*, et par ailleurs, certains caractères insoupçonnés chez les *Juglans*. Ces données nouvelles concernant ces deux genres vont être brièvement présentées ici.

1. *Carya* Nutt. — Les travaux de D. V. Shuhart (1932), puis ceux de L. M. Langdon (1934; 1939) ont montré que la vascularisation du brou est de *type cupulaire* avec rebroussement des faisceaux, ce que nous avons également observé chez *Annamocarya*, et décrit, mais jamais l'attention n'a été portée sur certains aspects de la disposition des placentas. Chez *Annamocarya* ceux-ci se présentent sous forme de deux *reticulum inclus* dans le tissu ligneux de la coque, de part et d'autre du plan sutural; ils forment, au sommet, chacun un groupe de faisceaux (environ 10) descendant le long du bord libre de la cloison primaire, et reconstituant à leur rencontre la stèle funiculaire. Chez aucune autre *Juglandaceæ* ne se retrouvent de faisceaux ascendants dans la coque. Chez *Carya* les faisceaux placentaires deviennent *septaux* et se réduisent à *deux cordons non réticulés*. On note, à l'intérieur du genre, un certain nombre de différences relatives à l'écartement et à la forme de ces cordons, différences ayant valeur diagnostique au niveau de l'espèce.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 432.

L'*écartement placentaire* peut être maximum (*C. cathayensis* Sarg.) ou beaucoup plus réduit (*C. cordiformis* K. Koch), mais jamais presque nul comme chez

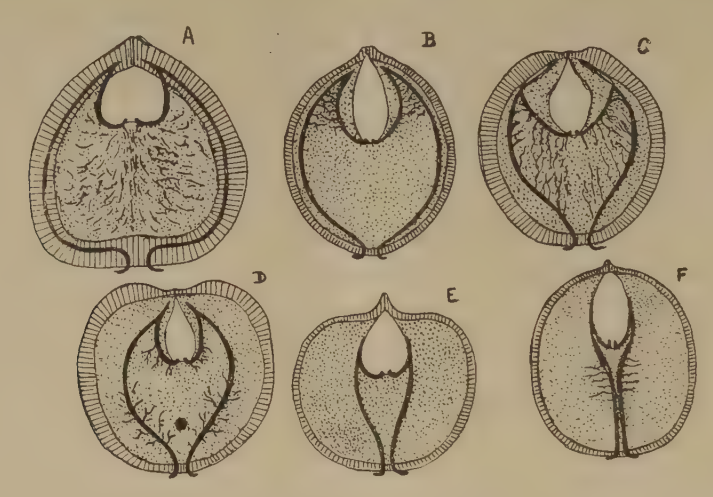


Fig. 1. — Série de sections longitudinales schématiques (suivant le plan de la cloison primaire) de noix chez *Annamocarya*, *Carya* et *Juglans*. A, *Annamocarya sinensis* J.-F. Leroy; B, *Carya cathayensis* Sarg.; C, *C. Poilanei* J.-F. Leroy; D, *C. tonkinensis* Lecomte; E, *C. cordiformis* K. Koch; F, *Juglans regia* L. La zone externe hachurée représente la coque; la cloison primaire est figurée en pointillé; les cordons vasculaires (réseaux chez *Annamocarya*) et leurs irradiations septales, en traits pleins noirs. Considérer surtout la réduction progressive de l'écartement placentaire.

Juglans regia L. Nous avons figuré une série d'espèces allant d'*Annamocarya* à *Carya* et à *Juglans* pour mettre en relief, par une simple lecture, l'évolution placentaire chez les plantes en cause (*fig.* 1).

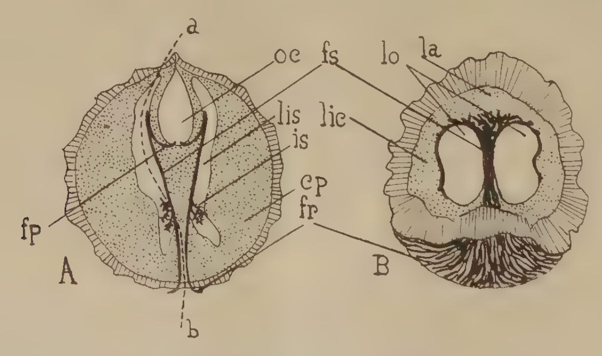


Fig. 2. — Section longitudinale schématique d'un fruit de *Juglans nigra* L. A, suivant le plan de la cloison primaire; B, suivant la ligne pointillée *ab*, la partie gauche étant enlevée; *fp*, faisceaux placentaires; *oc*, orifice de la cloison; *is*, irradiations septales; *fr*, faisceaux récurrents; *cp*, cloison primaire; *lis*, lacune intraseptale; *fs*, faisceaux septaux; *lo*, loges; *la*, lacune apicale; *lic*, lacune intracostale.

2. *Juglans* L. — La placentation de ce genre a été étudiée, par les auteurs, surtout chez *J. regia*. Guidé par nos observations sur les *Carya*, nous avons

porté notre attention sur l'écartement placentaire chez les *Juglans*. Une première remarque s'impose : l'écartement dans ce genre ne dépasse jamais sensiblement l'écartement minimum des *Carya*, mais la réduction peut en être très poussée (*J. regia*). L'écartement placentaire, relativement large, rencontré chez *J. nigra* L. nous a incité à « explorer » les lacunes dans la noix de cette espèce. Notre surprise a été totale d'y découvrir, dans la cloison primaire, de part et d'autre du plan sutural, une véritable gerbe de faisceaux s'épanouissant en dichotomies dans la lacune apicale et retombant de chaque côté en un long fouet suivant les lacunes intracostales (*fig*. 2).

Il y a, en somme, une puissante remontée des faisceaux récurrents, non pas dans la coque comme chez *Annamocarya*, mais à l'intérieur des lacunes intraseptales et intracostales. Les faisceaux parvenant à l'ovule offrent une disposition assez semblable à celle observée chez *J. regia*. La placentation du Noyer américain, rappelant quelque peu celle d'*Annamocarya*, semble beaucoup plus primitive que celle de *J. regia*. Dans une prochaine et dernière Note, nous fondant sur les faits précédemment rapportés, nous exposerons nos conclusions théoriques, lesquelles, comme on peut le penser déjà, sont défavorables à la « théorie carpellaire » classique.

EMBRYOLOGIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez l'*Astragalus Glycyphyllos *L.* Note de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

L'*Astragalus Glycyphyllos* L. se rattache au type du *Trifolium minus*. L'hypophyse proviendrait, selon les cas, de la cellule apicale, de la cellule basale du proembryon bicellulaire, ou des deux éléments à la fois; dans ces conditions, l'*Astragalus* serait à considérer comme un type irrégulier, ou, plus exactement, comme un type de transition.

Nous possédons, sur l'embryogénie de la tribu des Galégées, des renseignements précis en ce qui concerne des représentants des sous-tribus des Psoraléinées ([1]), des Téphrosiinées ([2]) et des Colutéinées ([3]). De profondes variations ont été observées dans les trois cas; pour bien déterminer toute leur étendue, il était nécessaire d'entreprendre de nouvelles recherches en s'adressant à un assez grand nombre d'espèces de la tribu. L'*Astragalus Glycyphyllos*, appartenant aux Astragalinées, sous-tribu qui n'a fait encore l'objet d'aucune étude embryogénique rigoureuse, a tout d'abord fixé notre attention.

Les premières segmentations de l'embryon sont en tous points conformes à celles que R. Souèges a mises en évidence chez le *Trifolium minus*. L'oospore se divise transversale-

([1]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 429.
([2]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1450.
([3]) P. Crété, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 176.

ment en une cellule apicale et une cellule basale. Des cloisonnements obliques font apparaître, à partir de la cellule apicale, quatre éléments disposés en tétraèdre. L'élément qui se situe au sommet se comporte comme une épiphyse; les trois autres se partagent, par des cloisons horizontales, en deux assises dont l'une forme la partie cotylée *sensu stricto*, l'autre, la partie hypocotylée et, parfois aussi, l'hypophyse.

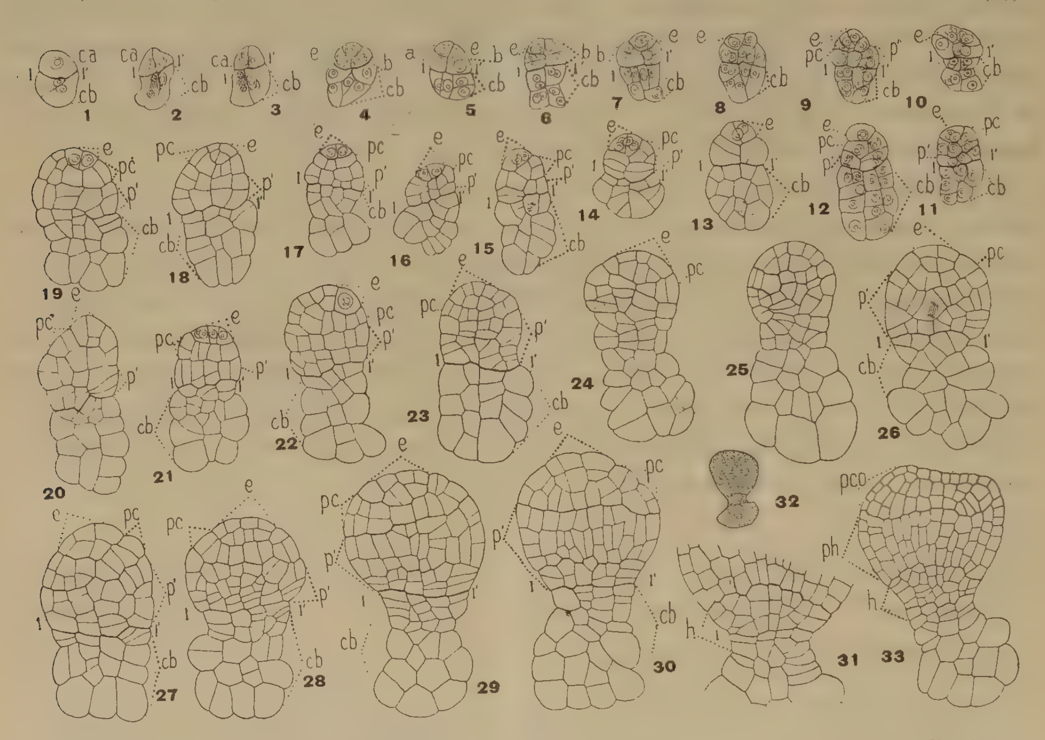


Fig. 1 à 33. — *Astragalus Glycyphyllos* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cb*, cellule basale ou suspenseur; *a* et *b*, cellules-filles de *ca*; *e*, épiphyse; *pc*, partie cotylée *sensu stricto*; *p'*, assise provenant également de *ca* et engendrant la partie hypocotylée, *ph*, et, au moins en partie, l'hypophyse, *h*; *pco*, partie cotylée *sensu lato*. I-I', ligne de séparation probable des éléments issus de *ca* et de *cb*. En 32, aspect général de l'embryon d'où est tiré le détail de la figure 31. G. = 280; 220 pour la figure 33; 60 en 32.

Il est particulièrement difficile de savoir si l'hypophyse provient de la cellule apicale ou de la cellule basale du proembryon bicellulaire, et même si ces deux éléments ne participent pas à la fois à sa construction. L'emplacement de la ligne 1 — 1' qui sépare les descendantes de la cellule apicale des descendantes de la cellule basale m'a paru bien établi pour les figures 1 à 22; cependant, les caractères bien peu différents des éléments à son voisinage ne permettent déjà pas de s'exprimer avec certitude dans les cas des figures 8, 11, 14 et 19. A des stades plus âgés, la grande ressemblance de ces éléments dans la région moyenne s'affirme au point que j'ai dû faire appel, pour établir l'emplacement, purement hypothétique, de la ligne 1 — 1' à un ensemble de caractères, dont aucun, pris séparément ne présente de spécificité. C'est ainsi que, dans de nombreux cas, il m'est apparu que les files longitudinales de cellules de la zone de contact ne dépassaient généralement pas quatre quand elles provenaient de *cb* et qu'elles atteignaient un nombre supérieur quand elles étaient issues de *ca*; le raisonnement n'est vrai que si la cellule basale n'est pas primitivement intervenue, en même temps que la cellule apicale, dans l'édification de la région hypocotylée, ce qu'il n'est plus possible de préciser à des stades âgés.

En se basant sur le très grand nombre d'exemples observés, on peut incontestablement affirmer que les *Astragalus* se rattachent au type du *Trifolium*, mais il faut reconnaître que les cellules du suspenseur sont très peu distinctes de celles de l'embryon proprement dit. Étant donné que, dans certaines formes, les éléments de la zone médiane du proembryon apparaissent nettement dérivés de la cellule apicale, que, dans d'autres, au contraire, ils semblent issus de la cellule basale, on peut se demander s'il n'y aurait pas, chez les *Astragalus*, deux sortes d'individus, les uns constitués sans participation de la cellule basale à la construction de l'embryon proprement dit, les autres comportant l'intervention de la cellule basale dans la génération de l'hypophyse. Ces derniers feraient transition avec les formes de *Psoralea* chez lesquelles *cb* intervient assurément dans la construction de l'embryon. Les *Astragalus* appartiendraient ainsi à un type *irrégulier*, rappelant le type *Amarantus* [4] par la coexistence de sujets individuellement réguliers, mais ontogénétiquement différents.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évolution histologique du point végétatif de* Myosurus minimus *L.* Note de M. **Roger Buvat**, présentée par M. Raoul Combes.

Le point végétatif de *Myosurus minimus* a la forme d'un disque à peu près plan, relevé sur le pourtour, où se trouve l'anneau initial. L'évolution de ce méristème montre qu'il n'a pas de *corpus* au début du développement. Le *corpus*, qui s'établit par la suite, est une *production de l'assise interne de la tunica*.

Dans de précédentes Notes [1] nous avons décrit les grands traits de l'évolution cytologique de deux types de points végétatifs, celui de *Cheiranthus cheiri*, en dôme très surbaissé, et celui de *Lupinus albus*, volumineux et très allongé. Le point végétatif de *Myosurus minimus* représente un troisième type, en forme de plateau, ou de cuvette. Il montre, sous une forme particulièrement schématique, des faits qui paraissent encore méconnus.

Nous commencerons l'étude de ce méristème au moment de la germination. Entre les cotylédons qui s'épanouissent, l'axe de la plante, minuscule, se termine par une petite aire méristématique plane (*fig.* 2). L'aire apicale comporte alors deux assises cellulaires bien nettes, correspondant à la «*tunica*» des auteurs (T). Toutefois, de fréquentes divisions périclines se produisent dans l'assise sous-superficielle (*a. s. e.*).

Au contraire, l'assise superficielle (*a.e.*) ne subit que des cloisonnements

---

([4]) R. Souèges, *Embryogénie et Classification*. 2e fasc., *Partie générale. Essai d'un système embryogénique*, Paris, 1939, p. 30.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1968-2320; 231, 1950, p. 66.

anticlines. C'est la seule assise de ce méristème qui forme vraiment un feuillet indépendant. Elle est en continuité avec l'épiderme et ne fournit rien d'autre. Nous pensons donc qu'elle doit être appelée *épiderme* et non *assise dermatogène*, terme qui doit être réservé à des productions radiculaires.

Immédiatement au-dessous de la *tunica* se trouvent des cellules à grande vacuole, disposées en files longitudinales. Elles correspondent au « méristème médullaire » décrit chez *Cheiranthus* et chez *Lupinus* (M. *m.*).



Fig. 1 et 2. — Coupes axiales de points végétatifs de *M. minimus* au moment de la germination. (Pas de *corpus*.)

Fig. 3. — Demi-coupe axiale d'un apex de plante plus âgée. (*Corpus* différencié.)

T, *tunica*; *C*, *corpus*; *Mm*, méristème médullaire; *a. i.*, anneau initial avec initium foliaire (*i. f.*); *a. e.*, assise épidermique; *a. s. e.*, assise sous-épidermique; *c. p.*, cloisonnements périclines de l'assise sous-épidermique; *s. f.*, soubassement foliaire.

Le point végétatif très jeune est donc *dépourvu de corpus*, *ce dernier naît peu à peu, au début du développement, de cloisonnements périclines qui dédoublent l'assise interne de la* tunica, *dans une aire centrale très restreinte*. (*fig.* 2, *c. p.*). Ce processus, qui ne semble pas avoir encore été décrit, trouve son importance dans l'évolution du point végétatif en méristème floral.

Les primordiums foliaires naissent successivement sur le pourtour du disque apical. Les cloisonnements périclines de l'assise sous-épidermique se font plus nombreux aux points où s'édifie le soubassement (*fig.* 1, *s. f.*) sur lequel naîtra le primordium. Ceci est conforme aux résultats de nombreux auteurs. De l'activité marginale du disque méristématique résulte l'édification d'un bourrelet annulaire, qui relève légèrement le pourtour du méristème et lui donne l'aspect en cuvette évoqué ci-dessus. Les bords de cette cuvette sont constitués par l'*anneau initial* (*fig.* 3, *a. i.*) dans lequel naissent les feuilles successives. Il est lui-même entouré d'un manchon continu formé par les bases des feuilles les plus anciennes.

Un autre fait, sur lequel nous insistons, est que le méristème tunical repose sur un *plateau continu de cellules vacuolaires*. Il n'y a pas au début, de prodesmogène, ni de procambium, reliant les primordiums foliaires aux tissus conducteurs de la tige.

Le procambium des jeunes feuilles provient du méristème de l'ébauche foliaire elle-même, donc, en fin de compte, de l'assise sous-épidermique. Mais le raccordement du cordon procambial foliaire avec les tissus conducteurs de la tige se fait aux dépens des cellules à grandes vacuoles, sous-jacentes, situées sur le pourtour du « méristème médullaire ». Ces cellules se divisent de manière à prolonger le procambium foliaire. Il se forme donc dans cette région un procambium en quelque sorte « secondaire ». Ce fait a été remarqué par Lawalrée ([2]) dans l'inflorescence des Composées.

Au cours de la croissance végétative de la plante, le disque apical s'agrandit lentement, par cloisonnements anticlines des deux assises tunicales, et des cellules sous-jacentes du *corpus* (*fig.* 3, C). Les grandes cellules vacuolaires du « méristème médullaire » subissent quelques cloisonnements perpendiculaires à l'axe, ce qui donne un aspect de cambium à ce méristème. Vers le *corpus*, étiré par l'élargissement du disque apical, elles montrent également des cloisons parallèles à l'axe. Toutefois, dans cette plante « en rosette », la tige reste courte, et les productions du méristème médullaire sont réduites.

A la fin de la période de croissance végétative, le méristème apical se compose d'une tunique plane, en forme de disque, relevée sur les bords par un anneau initial d'où naissent, penchés vers l'axe de la tige, des primordiums et des ébauches foliaires. La *tunica* possède deux assises; au-dessous d'elle s'est établie une troisième assise qui constitue le *corpus*, et est *née de l'assise tunicale interne*. L'assise du *corpus* se dédouble partiellement et fournit des cellules analogues à celles du méristème médullaire. Ce dernier, d'aspect cambial mais peu fonctionnel, se trouve immédiatement au-dessous du *corpus*.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'étude biochimique comparée de quelques Caprifoliacées*. Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

En 1907, Russel a décelé le syringoside par réaction microchimique chez plusieurs Oléacées (*Fraxinus*, *Olea*, *Forsythia*, *Liniocera*, *Phillyrea*) ([1]). Ce travail est mentionné par Czapek dans sa *Biochemie der Pflanzen* avec référence exacte, mais le genre *Liniocera* y est remplacé par *Lonicera* qui

---

([2]) *La cellule*, 52, 1948, p. 271-281.

([1]) W. Russel, *Bull. Assoc. Fr. pour l'Av. des Sciences*, 36e Session, Reims, 1907, p. 520.

est attribué à la famille des Caprifoliacées. La ressemblance orthographique des deux genres a sans doute provoqué cette confusion, recopiée plus tard par d'autres auteurs (Klein). Or, coïncidence remarquable, j'ai rencontré le syringoside dans les écorces d'un *Lonicera*; ce résultat m'a incité à examiner d'autres *Lonicera*, puis d'autres genres de Caprifoliacées, pour effectuer dans cette famille une étude analogue à celle qui a été faite sur les Oléacées, à savoir la recherche des itols, du saccharose et des hétérosides. Les méthodes utilisées sont restées les mêmes que dans mes précédentes études (²).

J'ai examiné séparément les écorces et feuilles des espèces suivantes : *Sambucus nigra* L., *Viburnum Tinus* L., *V. Lantana* L., *V. rhytidophyllum* Hemsl., *V. Lentago* L., *V. Opulus* L.; *Symphoricarpos racemosus* Michx.; *Dipelta floribunda* Maxim.; *Abelia chinensis* R. Br.; *Kolkwitzia amabilis* Græbn.; *Weigela coræensis* Thunb. (*Diervilla coræensis* D. C.); *Leycesteria formosa* Wall.; *Lonicera* sous-genre *Chamæcerasus* L. : *L. myrtilloides* Purpus, *L. thibetica* Bur. et Franch., *L. spinosa* Walp. var. *Alberti* Rehd., *L. nitida* Wils., *L. Standishii* Jacq., *L. fragrantissima* Lindl. et Paxt., *L. pyrenaica* L., *L. involucrata* Banks, *L. alpigena* L., *L. tatarica* L. var. *sibirica* Pers., var. *lutea* Loud., *L. Xylosteum* L., *L. Ruprechtiana* Reg., *L. Maackii* Maxim., *L. quinquelocularis* Hardw., *L. arborea* Boiss., *L. Henryi* Hemsl., *L. Giraldii* Rehd., *L. confusa* D. C., *L. japonica* Thunb. var *Halliana* Nichols. Sous-genre *Periclymenum* L. : *L. sempervirens* L., *L. flava* Sims, *L. Caprifolium* L., *L. Periclymenum* L. A ma connaissance, les *Dipelta*, *Abelia*, *Kolkwitzia*, *Leycesteria* et la plupart des *Lonicera* précédents n'avaient fait l'objet jusqu'à maintenant d'aucun travail biochimique.

Les itols semblent rares chez les Caprifoliacées : seules, les feuilles de *Viburnum rhytidophyllum* ont fourni une faible quantité de mannitol, identifié par sa forme cristalline, ses solubilités, son point de fusion et celui du mélange avec du mannitol de référence. Par contre, le saccharose partout abondant a été isolé sans difficulté, à l'état cristallisé, des écorces et feuilles des 36 plantes examinées : il a été identifié par son point de fusion, sa caramélisation et son hydrolyse sucrasique.

La méthode biochimique de Bourquelot a révélé la présence d'hétérosides hydrolysables par l'émulsine dans toutes les Caprifoliacées : les *Sambucus* et *Kolkwitzia* sont les plus pauvres, les *Lonicera* sont les plus riches (parfois plus d'une partie de sucre réducteur formé pour cent de plante fraîche). Les indices de réduction obtenus sur les extraits acétoniques déféqués sont presque tous compris entre 120 et 250; ils indiquent des hétérosides très lévogyres. Souvent plus élevés avec les écorces qu'avec les feuilles, ils différencient la composition de ces deux organes. Ils correspondent d'ailleurs

(²) V. Plouvier, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 604.

à des mélanges. Des indices comparables avaient déjà été signalés par Béguin dans son étude des variations hétérosidiques chez les *Lonicera alpigena*, *L. nigra*, *L. Xylosteum* ([3]).

Dans la série des espèces examinées, l'acide cyanhydrique a seulement été rencontré chez *Sambucus nigra* (feuilles). Les *Viburnum* ont été remarqués par le brunissement de leurs liqueurs d'essais (hétéroside à aglycon oxydable ?) et l'odeur d'acide valérianique. Une fluorescence bleue observée dans l'ultraviolet avec les *Symphoricarpos*, *Dipelta*, *Weigela*, *Leycesteria* et quelques *Lonicera* fait penser aux hétérosides du groupe de l'æsculoside.

Le syringoside a été isolé à l'état cristallisé des écorces de *Lonicera thibetica* (février), *L. tatarica sibirica* (avril, août) et *lutea* (janvier), *L. Ruprechtiana* (février), *L. arborea* (février). Les feuilles de ces mêmes espèces n'en ont pas fourni. Il a été identifié par ses solubilités, son point de fusion, ses réactions de coloration avec SO_4H_2 (bleue) et NO_3H (rouge). Pour les écorces de *L. myrtilloides* et *L. pyrenaica*, l'extrait acétonique déféqué adonné, avec SO_4H_2 une coloration bleue mêlée de rouge : la présence du même hétéroside y est donc vraisemblable. Dans les autres essais, les colorations observées ont été parfois rose-violacé, plus souvent rouges ou brunes. Le syringoside est donc moins répandu chez les Caprifoliacées que chez les Oléacées.

Un autre hétéroside a été isolé des écorces de *Lonicera japonica Halliana*, *L. sempervirens*, *L. flava*, *L. Caprifolium*, *L. Periclymenum* (les feuilles n'en ont pas fourni). Il cristallise en prismes fondant à 220° et ne donne aucune coloration avec SO_4H_2; il est lévogyre, hydrolysable par l'émulsine. Je poursuis son étude.

En résumé, les substances suivantes ont été isolées à l'état pur : le saccharose de toutes les Caprifoliacées étudiées, le mannitol de *Viburnum rhytidophyllum*, le syringoside de quatre espèces de *Lonicera* appartenant au sous-genre *Chamæcerasus*, un autre hétéroside non identifié de cinq espèces de *Lonicera* dont quatre appartiennent au sous-genre *Periclymenum*. Le mannitol et le syringoside n'avaient pas encore été rencontrés chez les Caprifoliacées.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'existence d'un système directement excitable dans l'organe électrique de l'*Electrophorus electricus *L.* Note (*) de Mme **Denise Albe-Fessard**, MM. **Carlos Chagas** et **Hiss Martins-Ferreira**, présentée par M. Robert Courrier.

L'hypothèse que le tissu des organes électriques des différents poissons

---

([3]) Ch. Béguin, *Pharm. Acta Helv.*, **9**, 1934, p. 233; **10**, 1935, p. 109; **11**, 1936, p. 202 et 361; **13**, 1938, p. 77.

(*) Séance du 26 février 1951.

contient un effecteur directement excitable a été mise en doute après que les expériences de Fessard et Pézard (1) eurent montré, chez la Torpille, que la dégénérescence des nerfs faisait disparaître toute excitabilité électrique. De plus, Auger et Fessard (2) observèrent que chez ce même poisson, les réponses aux stimulations directes aussi bien qu'indirectes pouvaient être abolies par l'action du curare.

Chez le Gymnote (*Electrophorus electricus*) par contre, des expériences récentes réalisées à l'Institut de Biophysique de Rio de Janeiro ont prouvé l'existence d'une excitabilité directe du tissu électrique de ce poisson. Les arguments qui permettent d'arriver à cette conclusion sont fondés sur la mise en évidence d'une dualité de réponse. On constate, en effet, que la stimulation électrique d'un fragment d'organe provoque une réponse double quand le courant stimulant, traversant les électroplaxes dans le sens antéro-postérieur, est d'intensité suffisante. Le délai, extrêmement court, d'apparition de la première réponse, est de l'ordre de 100 microsecondes et cette réponse correspond à une excitabilité électrique de caractère unidirectionnel, la fermeture d'un courant postéro-antérieur étant incapable d'en provoquer l'apparition (3). La seconde réponse se présente après une latence d'environ 1,5 milliseconde, et on l'obtient quelle que soit la direction du courant stimulant.

Nous admettons que la première réponse est le résultat de la stimulation directe du système effecteur existant dans l'organe électrique, et que la seconde réponse est celle produite par l'intermédiaire de la stimulation des terminaisons nerveuses les plus périphériques. De nouvelles données électrophysiologiques et pharmacologiques sont venues confirmer cette manière de voir :

1° Le seuil et les constantes de temps d'excitation sont différents pour les deux réponses (intensité environ trois fois plus élevée pour la réponse indirecte et temps utile plus long pour cette dernière);

2° La réponse par voie nerveuse est, de beaucoup, plus fatigable que la réponse directe;

3° Le phénomène de facilitation par stimulation répétée, précédemment décrit (3), ne porte que sur la réponse indirecte;

4° Une réponse directe d'ouverture peut être provoquée par la rupture du courant postéro-antérieur;

5° Un refroidissement ménagé fait disparaître réversiblement la réponse indirecte, en ne modifiant que légèrement la réponse directe;

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 134, 1940, p. 525.

(2) *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 76.

(3) D. Albe-Fessard, C. Chagas, A. Couceiro et A. Fessard, *J. Neurophysiol*, 1951 (sous-presse).

6° La perfusion avec des solutions de liquide physiologique contenant des concentrations variables en ions K, Ca, Mg, montre qu'à l'inverse de la réponse indirecte, la réponse directe est peu sensible aux variations de composition du liquide perfusant;

7° La perfusion de tranches d'organe avec des solutions curarisantes (chlorure de Bébérine, à 0,2 %) abolit la réponse par voie nerveuse sans pratiquement modifier l'amplitude de la réponse directe.

Conclusion. — Ces diverses possibilités de différencier les deux réponses à la stimulation électrique appliquée aux fragments d'organe, chez *Electrophorus electricus*, apportent de solides arguments en faveur de l'existence chez cet animal d'un effecteur directement excitable. Il conviendra d'étayer plus solidement encore cette démonstration par l'étude des réponses de régions d'organe à nerfs dégénérés. Seul le temps très long nécessaire pour aboutir à la dégénérescence complète nous a empêchés jusqu'ici d'obtenir ces résultats définitifs, mais les effets partiels déjà observés dans ce sens par nos collaborateurs sont très encourageants.

PHYSIOLOGIE. — *L'acide pyruvique et le métabolisme de l'alcool éthylique.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Robert Courrier.

Déjà nous avions établi que l'acétaldéhyde ne peut être retenue comme produit intermédiaire responsable des accidents liés à l'action du tétraéthylthiuram disulfure (T. T. D.) sur le métabolisme de l'alcool éthylique. L'action expérimentale de l'acétaldéhyde sur le Lapin ne se trouve, en effet, nullement influencée par l'association nicotinamide-adénine, alors que l'action couplée du T. T. D. et de l'alcool éthylique est au contraire neutralisée par ces deux constituants du coenzyme [1]. En confirmation de son expériences, quoique indépendamment, d'autres auteurs ont montré que les accidents causés par l'alcool éthylique et le T. T. D. peuvent être prévenus par l'injection de sels ferreux et d'acide ascorbique, sans que les taux d'acétaldéhyde soient pour cela modifiés [2]. Dans de telles conditions, on était en droit de se demander quel produit intermédiaire du métabolisme de l'alcool éthylique intervenait dans ces réactions ? Nous avons pensé que ce pouvait être le méthylglyoxal ou l'acide pyruvique.

Dans la fermentation alcoolique, sous la double action du coenzyme et de la carboxylase, on assiste, comme on sait, à la production de méthylglyoxal, d'acide pyruvique, d'acétaldéhyde et d'alcool. Toute activité enzymatique pouvant aussi s'exercer en sens inverse (réversibilité mise en évidence par Bourquelot), on peut penser que le métabolisme

---

(1) R. Lecoq, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 852.

(2) D. Lester et L. A. Greenberg, *Quart. Journ. Stud. Alcohol*, 11, 1950, p. 397.

de l'alcool aboutit (au moins quand il est en partie entravé) à la production d'acide pyruvique ou de méthylglyoxal. Nous avons toujours été surpris de voir que la transformation de l'acétaldéhyde en acide pyruvique n'est jamais admise, alors que la réaction inverse est toujours retenue.

Partant de cette hypothèse, nous avons tout d'abord essayé de préparer par synthèse des solutions de méthylglyoxal; mais il est difficile d'en déterminer la concentration et d'en assurer la pureté et la stabilité. Cependant, nous avons injecté très largement les solutions obtenues par voie intraveineuse à des lapins, sans jamais obtenir de réactions nettes. Nous avons alors pensé à utiliser le pyruvate de sodium, sel bien défini, de purification aisée.

En premier lieu, nous avons cherché quelle dose de ce pyruvate de sodium entraîne chez le Lapin de 2 à 3^{kg}, soumis à une alimentation variée, des manifestations typiques et mortelles. La dose de $0^{g},20$ nous a paru la plus convenable : $0^{g},10$, injecté par voie intraveineuse ne donne que des réactions atténuées, jamais suivies de mort; avec $0^{g},20$ au contraire, d'abord l'animal se gratte le nez, semble perdre le contrôle de lui-même, s'agite, bondit, fuit la lumière et le bruit, puis tombe sur le côté; on assiste ensuite à une crise épileptiforme avec troubles moteurs toniques et cloniques, aboutissant à la mort en 4 et 5 minutes. Avec une dose de $0^{g},25$, la crise mortelle survient plus vite, sans que parfois les manifestations initiales aient le temps de se développer.

Restait à prouver que l'association nicotinamide-adénine (vitamines B_3 et B_4) qui préside au métabolisme de l'alcool éthylique [3] peut prévenir ces accidents. Nous y sommes parvenus, de la meilleure façon, en injectant, préalablement à $0^{g},25$ de pyruvate de sodium : une demi-heure avant par voie intramusculaire 15^{mg} de nicotinamide et 25^{mg} d'adénine, puis 2 minutes avant et par voie intraveineuse les mêmes quantités de nicotinamide et d'adénine. Ayant reçu ces deux injections, le lapin n'apparaît plus sensible à l'injection intraveineuse de pyruvate, cette substance étant alors rapidement métabolisée.

Une seule injection intraveineuse de nicotinamide-adénine faite 2 minutes avant, une seule injection intramusculaire de nicotinamide-adénine faite une demi-heure avant l'injection intraveineuse de pyruvate ne peuvent suffire à protéger l'animal, qui meurt dans les 3 à 5 minutes suivantes. Toutefois, si ayant pratiqué seulement l'injection intramusculaire préalable, on profite du court délai qui précède la mort provoquée par le pyruvate pour faire une injection intraveineuse de nicotinamide-adénine, l'animal sort de sa crise, se redresse et recouvre bientôt la santé.

L'intoxication pyruvique réalisée dans les précédentes conditions est à

---

(3) R. Lecoq, P. Chauchard et H. Mazoué, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 414.

rapprocher de l'intoxication pyruvico-lactique qui est à l'origine des crises polynévritiques dues à une avitaminose B (globale ou partielle) ou à un déséquilibre glucidique. Elle paraît être la cause des perturbations organiques dues à une métabolisation incomplète de l'alcool éthylique, parce qu'elle s'accompagne de manifestations d'acidose, se complique parfois de manifestations polynévritiques et se trouve prévenue ou corrigée par l'intervention opportune de l'association nicotinamide-adénine. Il semble même que l'intoxication pyruvique doive être retenue comme responsable des troubles délirants chez les alcooliques, ces troubles régressant parallèlement à l'acidose [4], et qu'elle puisse intervenir comme facteur déclenchant d'autres délires.

Conclusions. — Il existe, parmi les produits intermédiaires du métabolisme de l'alcool éthylique, au moins une substance que crée chez les alcooliques chroniques une intoxication grave, d'ordinaire accompagnée de manifestations d'acidose et dont les effets peuvent être inhibés par injection opportune de l'association nicotinamide-adénine. L'acétaldéhyde ne peut être identifiée avec cette substance.

Il semble, au contraire, que l'acide pyruvique doive être retenu comme le produit responsable de cette intoxication; c'est, en effet, un produit habituel du métabolisme glucidique et de la fermentation alcoolique, producteur d'acidose, dont l'action des doses mortelles peut être entièrement neutralisée par l'association nicotinamide-adénine convenablement utilisée. L'intoxication pyruvique semble également responsable du déclenchement de certaines manifestations délirantes.

PHYSIOLOGIE. — *Le dosage biologique de la vitamine* D *au moyen d'un nouveau critère, simple et objectif.* Note (*) de M. **Paul Fournier**, présentée par M. Léon Binet.

Les critères couramment employés pour le dosage biologique de la vitamine D reposent sur l'évaluation du degré de calcification des os, évaluation faite subjectivement par l'examen de radiographies ou de coupes d'os, ou objectivement par pesée des cendres d'os. Pour chacun de ces critères, la courbe représentant la réponse des animaux à des doses croissantes de vitamine D est logarithmique [1].

---

(4) L. Bruel et R. Lecoq, *Presse méd.*, 49, 1941, p. 430.

(*) Séance du 19 février 1951.

(1) *Voir* K. H. Coward, *The biological standardisation of the vitamins*, Londres, 1947, p. 106-141; L. Randoin et P. Fournier, *Ann. Nutr. et Alim.*, 4, 1950, p. 107-140.

Nous avons montré, en collaboration avec L. Randoin et H. Susbielle ([2]), que le taux de l'absorption intestinale du Ca est, de façon constante, abaissé au cours du rachitisme expérimental du Rat. Pour le régime choisi, l'excrétion fécale de Ca est trois fois plus grande chez les animaux privés de vitamine D, que chez ceux qui reçoivent la vitamine à dose convenable. Par contre, la vitamine D n'influe pas de façon significative sur les quantités de Ca éliminées par l'urine. Ces faits nous ont conduit à penser que le taux de l'excrétion fécale de Ca pouvait servir pour doser la vitamine D. On objectera que ce critère n'est pas spécifique, la vitamine intervenant essentiellement dans la calcification. Mais nous pensons que cette précipitation calcique dans les os commande, de façon très précise, le taux de l'absorption de Ca. Puisque le premier critère est utilisé avec succès, le second doit être utilisable.

La valeur du critère fondé sur l'excrétion fécale de Ca dépend de son mode d'évaluation. Il faut s'efforcer de rendre ce critère indépendant d'irrégularités dans l'émission des fèces. C'est pourquoi le Ca fécal ne sera pas déterminé en valeur absolue, mais, conformément à la méthode que nous avons décrite précédemment ([3]), par rapport à une matière inerte ajoutée au régime, l'oxyde de titane. C'est la valeur du rapport fécal Ca/O_2Ti que nous utiliserons pour le dosage biologique de la vitamine D.

Technique. — *Première expérience.* — De jeunes rats sont répartis en quatre lots de six animaux : lots 1, 2, 3, 4. Les conditions expérimentales ont été décrites antérieurement ([2]). La composition centésimale du régime est la suivante : peptone Chapoteaut, 17; huile d'olive, 10; amidon, 65; mélange salin Z84 de Pappenheimer, 4; lactate de Ca, 2; O_2Ti, 1; mélange vitaminique, 1 ([4]). Chaque jour on administre à tous les rats 5 U. I. de vitamine A. Dans ce régime, le rapport $Ca/P = 11$ et le rapport $Ca/O_2Ti = 0,55$. Les animaux du lot 4 ne reçoivent pas de vitamine D ; ceux des autres lots en reçoivent chaque jour respectivement : 0,075 U. I. pour le lot 3; 0,225 U. I. pour le lot 2; 0,75 U. I. pour le lot 1. Tous les quatre jours, les urines et les fèces de 24 heures sont recueillies et analysées.

Deuxième expérience. — Le régime employé diffère du précédent par le remplacement du lactate de Ca par un poids égal d'amidon. Dans ce régime, le rapport $Ca/P = 6$ et le rapport $Ca/O_2Ti = 0,3$. Les conditions expérimentales sont celles de l'expérience précédente, mais le lot 4 est supprimé.

Résultats. — L'excrétion urinaire de Ca, variable d'un Rat à un autre et, pour un même Rat, d'un jour à l'autre, est, en moyenne, pratiquement la

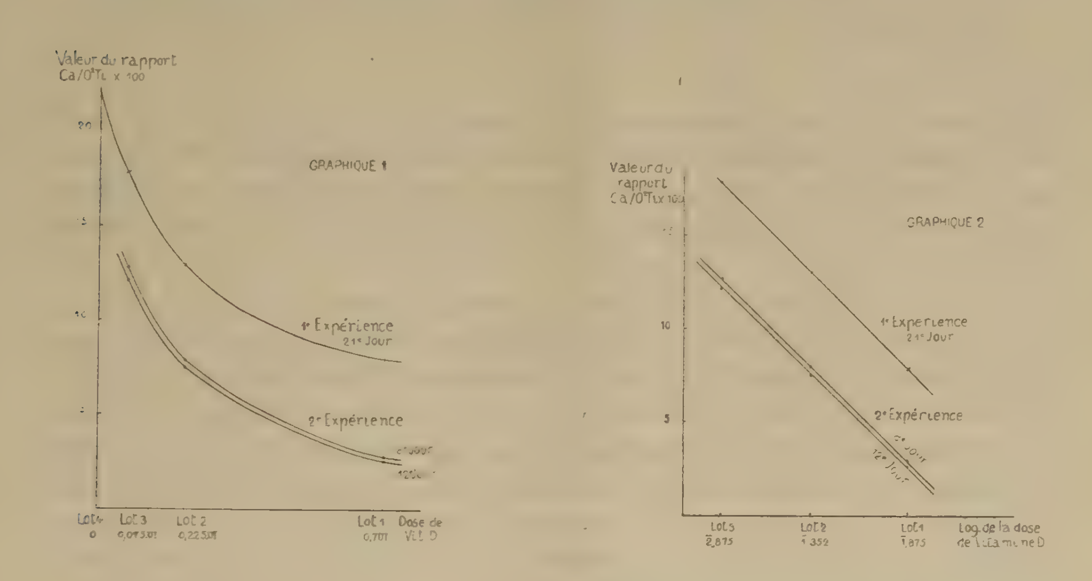
---

([2]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 553.

([3]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1343-1345.

([4]) F. Fournier, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1556-1558.

même pour tous les lots. A partir du quinzième jour pour la première expérience, *dès le huitième jour* pour la seconde, on constate que l'excrétion fécale de Ca est fonction de la dose de vitamine D donnée. Le graphique 1 indique les variations moyennes du rapport Ca/O_2Ti fécal en fonction des quantités de vitamine administrées. Les courbes obtenues ont une allure logarithmique. Le graphique 2 représente les variations de Ca/O_2Ti fécal en fonction du logarithme de la dose de vitamine donnée. On obtient des droites, qui, pour les deux expériences décrites, sont sensiblement parallèles.



Conclusions. — Le taux de l'excrétion fécale de Ca, est un critère utilisable pour le dosage biologique de la vitamine D. La courbe des variations de l'excrétion fécale de Ca en fonction des doses de vitamine administrées est logarithmique. Avec un régime approprié, ce critère fournit des résultats quantitatifs dès le huitième jour d'expérience. La réponse quantitative des animaux est donc beaucoup plus précoce que pour les autres critères généralement employés. De plus, ce critère a le mérite d'être simple, objectif; il n'est pas subordonné au sacrifice des animaux, ensemble de qualités qu'aucun des autres critères utilisés ne possède complètement. Sa précision semble très satisfaisante, mais seule une étude statistique des résultats fournis par un grand nombre d'animaux permettrait de savoir si la nouvelle méthode proposée est plus précise que les autres.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Augmentation du nombre des labrocytes dans les organes hématopoiétiques de la Souris après irradiation par les rayons X.* Note de Mlle **Lucie Arvy**, MM. **Jacques-André Boiffard** et **Manfred Gabe**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'irradiation par des doses élevées de rayons X détermine, chez la Souris albinos, une augmentation importante du nombre des labrocytes dans la médullaire des ganglions lymphatiques et dans la moelle osseuse; la médullaire thymique, normalement dépourvue de labrocytes, en contient un grand nombre chez les animaux irradiés.

Depuis le Mémoire fondamental de Heinecke ([1]), de nombreux travaux ont enrichi nos connaissances sur les lésions des organes hématopoiétiques que déterminent les rayons X ([2]), mais la plupart des recherches histologiques relatives à cette question n'apportent que des notions topographiques.

L'étude de la répartition des activités phosphatasiques alcalines dans les organes de souris albinos ♂, ayant subi une irradiation totale par une dose élevée de rayons X (2 000 r, générateur fonctionnant sous 190 kV et 18 mA, filtration par 1^{mm} de Cu et 2^{mm} d'Al) ([3]), nous a fourni l'occasion d'examiner, au moyen de techniques cytologiques et histochimiques diverses, les organes hématopoiétiques de ces animaux et nous avons remarqué d'emblée une augmentation du nombre d'éléments que les particularités morphologiques et histochimiques permettent d'identifier aux labrocytes (héparinocytes, basophiles tissulaires).

Chez les souris normales de notre élevage, le nombre des labrocytes dans les divers organes est nettement moindre que chez le Rat. La moelle osseuse en contient très peu; la médullaire thymique en est toujours dépourvue et l'on ne trouve que de rares labrocytes dans le tissu conjonctif sous-cutané et péri-viscéral.

Dès la 3e heure qui suit l'irradiation, au moment où l'examen histologique du thymus et des organes hématopoiétiques montre les premières pycnoses nucléaires, on est frappé par la présence, dans la médullaire des ganglions lymphatiques, d'un nombre appréciable de cellules rondes ou ovalaires, mesurant en moyenne 15$^{\mu}$ de diamètre, pourvues d'un noyau rond et central; le cytoplasme de ces éléments est rempli de granulations qui donnent intensément la réaction métachromatique du bleu de tolui-

---

([1]) *Münch. med. Wschr.*, **50**, 1903, p. 2090.

([2]) Bibliographie *in* A. Lacassagne et G. Gricouroff, *Action des radiations sur les tissus*, Paris, 1941.

([3]) L. Arvy, J. A. Boiffard et M. Gabe, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1947, p. 233.

dine. Vers la 7[e] heure, des labrocytes apparaissent dans la médullaire thymique. La moelle osseuse en contient un nombre très supérieur à la normale; il existe des labrocytes dans les follicules lymphoïdes de l'intestin et dans les corpuscules de Malpighi de la rate; ces organes montrent, par ailleurs, la réaction pycnotique bien connue.

Cette première réaction est passagère. Vers la 24[e] heure, au moment où le thymus montre l'aspect d' « inversion » classique, les labrocytes ont disparu de la médullaire; les ganglions lymphatiques n'en contiennent que très peu et l'on n'en rencontre plus dans les formations lymphoïdes de l'intestin et de la rate.

Une deuxième poussée de labrocytes, bien plus importante, survient vers la 60[e] heure qui suit l'irradiation. Le thymus et les ganglions lymphatiques, qui sont le siège d'une raréfaction considérable des éléments lymphoïdes et d'une hyperplasie réticulaire importante, contiennent de nombreux labrocytes. On en rencontre également dans les plaques de Peyer de l'intestin, mais la moelle osseuse ne participe pas à cette deuxième réaction.

Les labrocytes restent abondants jusqu'à la mort des animaux, qui se produit, dans nos conditions expérimentales, vers la 70[e] heure.

Quant aux particularités morphologiques des labrocytes, certains d'entre eux sont remplis de granulations métachromatiques; d'autres en sont bien plus pauvres et les aspects suggèrent l'hypothèse d'une élimination accrue du produit de sécrétion. La réaction de Gomori démontre la richesse des labrocytes en phosphatase alcaline; ce fait est en accord avec les constatations de Montagna et Noback [4].

La réaction décrite ci-dessus diffère de l'augmentation numérique des labrocytes, signalée au cours de l'hypothyroïdie [5], [6] par sa localisation à peu près exclusive aux organes hématopoiétiques. En effet, la prostate et les vésicules séminales, les glandes préputiales, le mésentère, le tissu conjonctif sous-cutané et les gaines conjonctives des différents viscères montrent, chez les souris irradiées, une teneur en labrocytes comparable à celle des tissus normaux. Par contre, l'augmentation de ces éléments qui suit l'administration d'une dose diabétogène d'alloxane [7] est également limitée aux organes hématopoiétiques.

Cette augmentation des labrocytes dans les organes hématopoiétiques des souris irradiées par les rayons X pourrait relever soit d'une action directe du rayonnement, soit du « syndrome général d'adaptation ». Les études histologiques relatives à la « réaction d'alarme » [8] ne signalent

---

([4]) *Anat. Rec.*, **100**, 1948, p. 535.
([5]) L. Arvy et M. Gabe, *Experientia*, **6**, 1950, p. 23.
([6]) G. Asboe-Hansen, *Bull. Histol. appl.*, **27**, 1950, p. 5.
([7]) L. Arvy et M. Gabe, *Rev. d'Hématologie*, **4**, 1949, p. 519.
([8]) Bibliographie *in* H. Selye, *Ann. d'Endocrinologie*, **7**, 1946, p. 289.

cependant aucune augmentation des labrocytes. Dans ces conditions, l'interprétation définitive du phénomène que nous venons de signaler nécessite des expériences complémentaires.

HISTOCHIMIE. — *Modifications histochimiques du foie au cours de l'avitaminose* E. Note de Mme **Marie-Louise Chevrel**, MM. **Maurice Beltan** et **Marcel Cormier**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'avitaminose E détermine, aux stades ultimes de la carence, une stéatose à prédominance centro-lobulaire. La teneur en glycogène est diminuée; les régions en stéatose sont pauvres en ribonucléines. Les endothélia de la zone centro-lobulaire et les canalicules biliaires de la zone périportale sont le siège d'une activité phosphatasique alcaline; cette localisation confère aux coupes traitées suivant la technique de Gomori un aspect tacheté.

Parmi les lésions décrites au cours de l'avitaminose E, la seule notion relative à l'histochimie du foie est celle d'une dégénérescence graisseuse. L'examen histologique de cet organe, chez des lapins carencés au moyen du régime B. R. d'Evans et parvenus aux stades ultimes de l'avitaminose, nous a permis d'obtenir des précisions relatives au glycogène, aux ribonucléines et aux phosphatases alcalines.

La mise en évidence du glycogène au moyen de la gomme iodée et du carmin de Best montre une diminution nette par rapport aux animaux témoins. Les cellules des zones intermédiaire et centro-lobulaire sont les plus riches en glycogène.

L'examen des préparations colorées suivant les méthodes topographiques montre des pertes de substance au sein du cytoplasme des cellules hépatiques. Les colorations au noir Soudane B prouvent qu'il s'agit d'une stéatose à prédominance centro-lobulaire nette. Les inclusions lipidiques sont ciaccio-négatives.

Les régions centro-lobulaires sont pauvres en ribonucléines; l'abondance des blocs pyroninophiles cytoplasmiques y est nettement moindre que dans les autres régions du lobule.

La réaction de Gomori met en évidence une activité phosphatasique alcaline intense au niveau de l'endothélium des veines centro-lobulaires et des sinusoïdes avoisinants. D'autre part, les canalicules biliaires intercellulaires de la zone périportale et de la partie externe de la région intermédiaire sont colorés en noir intense. La comparaison avec les coupes témoins démontre qu'il s'agit bien d'une activité phosphatasique et la mise en évidence simultanée des activités phosphatasiques et du fer ionique [1] permet d'éliminer la présence de ce dernier métal.

---

(1) L. Arvy et M. Gabe, *Bull. Histol. appl.*, **26**, 1949, p. 189.

Les coupes de foie traitées par la réaction de Gomori ont un aspect tacheté qui rappelle celui qui a été décrit par L. Arvy et M. Gabe [1] au niveau du foie de certains Sauropsidés. La localisation des activités phosphatasiques est toutefois très différente dans les deux cas, puisque le maximum d'activité phosphatasique se situe, chez les Oiseaux étudiés à cet égard, dans la zone centro-lobulaire.

D'autre part, Kritzler et Beaubien [2] décrivent, chez le Chien rendu ictérique par ligature du canal cholédoque, une activité phosphatasique alcaline des capillaires biliaires ; les figures qui illustrent le travail de ces auteurs rappellent de très près nos préparations.

Les particularités histochimiques décrites ci-dessus prouvent l'importance des perturbations fonctionnelles du foie déterminées par l'avitaminose E chez le Lapin.

HISTOCHIMIE. — *Le facteur temps corrélatif à la détection histochimique des glycérophosphatases alcalines*. Note de M. **Harald Moe**, transmise par M. Albert Policard.

Étude critique de la méthode de Gomori pour la phosphatase alcaline. Importance considérable de la durée d'incubation. Des phénomènes de diffusion et d'adsorption conditionnent la réaction terminale et rendent très aléatoires les conclusions à en tirer.

En continuation d'une série d'expériences sur la sécrétion duodénale, nous avons essayé de déterminer l'influence possible de variations des temps d'incubation sur les résultats de la réaction bien connue de Gomori.

Le procédé utilisé dans la méthode de Gomori est, brièvement, le suivant : de minces coupes (fixation : alcool ; inclusion : paraffine) sont incubées dans un substrat de β-glycérophosphate de sodium, de chlorure de calcium et, comme tampon, de véronal. Après rinçage, les coupes sont placées dans une solution de nitrate de cobalt et, après un nouveau rinçage, transférées dans une solution de sulfure d'ammonium. Le tissu subit ainsi un noircissement qui, d'après l'opinion de Gomori et de plusieurs auteurs, serait localisé dans les cellules, sièges d'une activité phosphatasique alcaline. On a soutenu que, par ce procédé, des ions phosphoriques, libérés par l'action de l'enzyme sur le substrat, seraient adsorbés au lieu d'activité phosphatasique sous forme de phosphate de calcium, et que le phosphate de calcium, au terme suivant, serait transformé en phosphate de cobalt qui, en dernier lieu, serait transformé en sulfure de cobalt, visible dans la préparation sous forme du précipité noir.

Des coupes en série (environ 70) prélevées sur la membrane muqueuse du

(1) *Acta neerl. Morphol.* (sous presse).

(2) *Amer. J. Pathol.*, 25, 1949, p. 1079.

duodénum de chat et de souris, ont été colorées selon la méthode de Gomori (d'après Glick, *Techniques of Histo- and Cytochemistry*, 1949) en utilisant comme substrat le glycérophosphate de sodium, les seules modifications du procédé décrit par Glick étant la fixation dans l'alcool à 80° et l'utilisation de sulfure d'ammonium incolore au lieu de sulfure d'ammonium jaune.

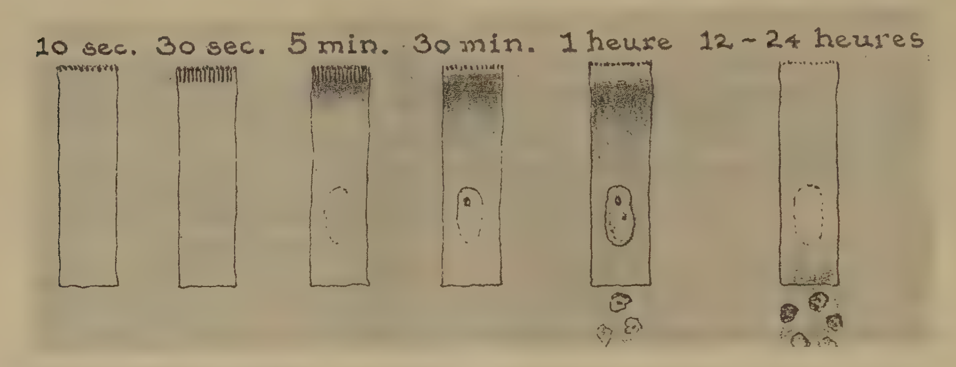


Diagramme montrant la localisation du noircissement au niveau de l'épithélium de la surface de la muqueuse d'intestin grêle de chat après application de la méthode de Gomori (démonstration histochimique de glycérophosphatase alcaline à pH 9,4; temps d'incubation variant de 5 secondes à 24 heures).

Le procédé expérimental a été maintenu à l'état constant à l'exception des temps choisis pour l'incubation des coupes tissulaires. L'incubation varie de 5 secondes à 24 heures. Au niveau de l'épithélium duodénal, la réaction est visible au bout d'environ 5 secondes d'incubation. On voit une série de grains à disposition serrée, localisés à la surface même, chacun terminant les striations cytoplasmiques dont la longueur est d'environ 2$^{\mu}$. Puis, au bout de 10 à 15 secondes d'incubation, la réaction se répand vers la cellule propre, en pénétrant dans la bordure striée même. Un peu plus tard, le noircissement se met à pénétrer dans le cytoplasma apical. A partir de là (environ 30 secondes d'incubation), la bordure striée présente une noirceur homogène et intense. En allongeant encore le temps d'incubation (de 1 minute à 1-2 heures) le noircissement progresse jusqu'à la base de la couche épithéliale sous l'aspect d'un noircissement à répartition presque égale du cytoplasma des cellules épithéliales et, quant aux noyaux, d'un noircissement localisé notamment dans la membrane nucléaire et les nucléoles. En même temps, la bordure striée se fait plus pâle; au bout de 15-30 minutes d'incubation, ce changement est visible sous forme d'une fine raie pâle juste en bas du contour de la surface (sur laquelle des grains noirs s'observent encore). Cette raie pâle s'accroît durant les 30-60 minutes suivantes, jusqu'à ce que toute la bordure striée soit incolore. L'ensemble de la bordure striée est complètement incolore dans les coupes tissulaires incubées pendant 3-24 heures.

Après 30 minutes à 1 heure d'incubation, le tissu conjonctif situé sous les

cellules épithéliales, commence également à faire apparaître le noircissement. Celui-ci s'intensifie progressivement, tandis que la noirceur des cellules épithéliales commence à disparaître; au bout de 6 à 12 heures d'incubation, les deux tissus, épithélial et conjonctif, sont noircis presqu'au même degré. Au bout de 24 heures d'incubation, le tissu conjonctif présente un noircissement sensiblement plus intense que la couche épithéliale.

Il faut souligner que, après une incubation prolongée, les parties cellulaires qui, après des périodes d'incubation très courtes, manifestaient un noircissement très intense, ne présentèrent plus le moindre signe d'activité. Des observations similaires ont été faites sur l'épithélium intestinal de la Souris, où la zone de Golgi marque une réaction qui pourrait être spécifique au bout de périodes d'incubation courtes, tandis que, après incubation prolongée, on ne se trouve en présence d'aucune réaction distincte dans cette zone.

Toutes ces expériences sont nettement et uniformément reproductibles. Certains auteurs précédents ont signalé le problème de diffusion et d'adsorption comme un facteur troublant dans la réaction histochimique de la phosphatase alcaline. Les observations présentées dans cette communication préliminaire fournissent des indications supplémentaires sur le fait de la diffusion et de l'adsorption. Dans la méthode de Gomori pour la démonstration histochimique des phosphatases alcalines, on applique en général une période d'incubation de 1 à 24 heures. Ces temps d'incubation, dont la durée est beaucoup trop longue, pourraient comporter des erreurs considérables en ce qui concerne la localisation de l'enzyme. Quelques expériences plus détaillées, actuellement en progrès, se rapportant au présent travail, semblent indiquer que ce sont surtout les produits de la réaction qui diffusent. Jusqu'à présent, il n'a pas été possible de faire la démonstration d'une diffusion de l'enzyme même. Il est important de noter que les régions qui présentent une réaction intense au bout de courtes périodes d'incubation, peuvent aboutir à une réaction négative après une incubation prolongée.

BIOLOGIE. — *Une méthode d'élevage et de transport des Coléoptères cavernicoles.* Note de Mlle **Sylvie Glaçon** et M. **Georges Le Masne**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Nos connaissances sur la biologie des Insectes cavernicoles sont extrêmement restreintes pour tout ce qui touche à leur reproduction et à leur éthologie, et cela en raison de l'impossibilité dans laquelle on se trouve jusqu'ici d'élever ces Insectes. En particulier, les premiers états de la plupart des troglobies restent ignorés (1); l'élevage des adultes doit per-

(1) *Cf.* en particulier : Jeannel, *Arch. Zool. Exp. Gén.*, 5e série, 7, 1911, p. 86; *Faune cavern. de France*, 1926; et Vandel, *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 82, 1947, p. 263-275; *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 75, 1950, p. 151-158.

mettre d'obtenir ces premiers stades et suggérer quel est leur refuge dans la nature.

Nous avons imaginé une méthode d'élevage qui utilise des appareils en plâtre moulé, analogues à ceux que Janet (2) a inventés pour l'étude des Fourmis; ces « nids Janet » assurent aux animaux un substrat et une atmosphère humides et facilitent l'observation et les prélevements. Ils peuvent rendre de grands services, non seulement pour l'élevage des Fourmis, mais aussi pour l'étude de bien des Arthropodes terricoles, lapidicoles, ou corticoles, sensibles aux variations d'humidité.

Nos essais ont porté sur différentes espèces d'*Aphænops* et de *Speonomus*, provenant des environs de Moulis (Ariège).

A. Technique d'élevage. — *a. Nid Janet simple :* cet appareil ne comporte, en plus de la « cuve à eau », que des alvéoles vides, réunis par des canaux. Les Coléoptères cavernicoles vivent très longtemps dans ces nids dépourvus de terre. Toutefois, nous avons pensé qu'il était intéressant de fournir aux animaux un substrat meuble, leur permettant de fouir.

b. Nid Janet modifié : un alvéole est garni de terre, d'argile, ou de guano, prélevés dans la grotte même, et maintenus humides. La profondeur et l'étendue de cet alvéole, comme d'ailleurs la forme de l'appareil, peuvent être largement modifiés, selon les besoins.

c. Température : en transformant des armoires frigorifiques ordinaires, il est facile de réaliser des conditions de température très constantes et identiques à celles des grottes d'origine.

d. Alimentation : des Insectes fraîchement tués, ou des morceaux d'Oligochètes de petite taille, sont acceptés de façon continue, et en abondance. Nous notons d'ailleurs des différences d'un groupe à l'autre : les *Speonomus* acceptent surtout des Grillons (du premier ou du deuxième stade), même tués depuis plusieurs jours; au contraire, les *Aphænops* ne dévorent que des proies très fraîches; ils sont même capables de capturer, dans nos appareils, des Drosophiles à ailes vestigiales, vivantes.

B. Technique de transport. — En plaçant les animaux dans des tubes de verre dont les parois sont enduites d'une pellicule de plâtre (mouillée au moment de l'emploi), et avec un emballage calorifugé, la mortalité est extrêmement faible (inférieure, au total, à 12 %). Elle est nulle si l'on transporte les animaux dans le nid même où ils sont élevés depuis plusieurs jours.

Il est donc possible de transporter des cavernicoles, même troglobies, de leur habitat naturel au laboratoire (que celui-ci soit situé dans une grotte aménagée ou dans un centre éloigné), avec des pertes minimes ou nulles.

C. Applications de la technique proposée. — Dans les conditions décrites, des Coléoptères cavernicoles ont été maintenus longtemps en vie,

---

(2) *Ann. Soc. Ent. Fr.*, 62, 1893, p. 467-482.

et très actifs, soit à Moulis, soit à Paris. Pour les premiers mois de travail, le pourcentage des animaux survivants s'établit comme il suit :

Survie de plus de deux mois : 96 % des *Speonomus*, 79 % des *Aphænops*.

Survie de plus de quatre mois : 68 % des *Speonomus*, 39 % des *Aphænops*.

Les Insectes semblent montrer un comportement normal. Ils s'alimentent abondamment. La copulation des *Speonomus* a été observée. Dans des substrats meubles et humides, les animaux fouissent et réalisent des excavations importantes, dont la forme varie d'un groupe à l'autre.

Cette méthode d'élevage permet donc de disposer à tout moment de Coléoptères cavernicoles vivants, qui restent en état physiologique apparemment normal, assez longtemps pour la poursuite de recherches sur le comportement. L'étude de leur biologie peut, nous semble-t-il, en être grandement facilitée. Avec des appareils reposant sur le même principe, il devient possible d'étudier la reproduction des troglobies.

BIOLOGIE. — *Sur la présence du thon blanc ou germon sur les côtes du Vénézuéla et sur le lieu de ponte de cette espèce dans l'Atlantique Nord.* Note de M. **Édouard Le Danois**, présentée par M. Paul Portier.

Au cours d'une croisière dans la Mer Caraïbe, à bord d'un navire mis à ma disposition par le Gouvernement du Vénézuéla, j'ai pu constater la présence du thon blanc ou germon [*Thunnus* (*Germo*) *alalunga*] (Gmelin) dans les parages des Îles Sous le Vent, près de la Blanquilla; le 16 novembre 1950, j'ai en effet capturé un petit poisson de cette espèce, mesurant 34^{cm}, à la ligne de traîne, en surface. Peu après furent pris deux autres germons de 54^{cm}, et depuis lors, en janvier, d'autres échantillons ont été rapportés avec des bonites par les pêcheurs du Golfe de Cariaco.

Thunnus alalunga a été signalé à Cuba par Poey en 1865, par David Starr Jordan en 1887, puis près des Antilles hollandaises par Metzelaar en 1919, et autour de la Martinique et de la Guadeloupe par Gruvel et Conseil en 1925. Par contre, tout récemment en 1949, Leonard P. Schulz, dans sa liste des Poissons du Vénézuéla, indique que cette espèce n'a pas été rencontrée dans les eaux de cette région.

En plus du point de vue faunistique, le germon que nous avons pêché à la Blanquilla est surtout intéressant par sa taille; il semble en effet qu'il est le plus petit échantillon capturé dans l'Atlantique. Les thons blancs qui passent au large des côtes d'Europe et du Maroc mesurent de 50^{cm} à 1^{m}; les plus jeunes sont encore immatures, les plus grands ont déjà pondu et leurs glandes génitales sont vides. Au contraire, les poissons recueillis par Gruvel et Conseil aux Antilles étaient en état de maturité sexuelle. Ces observations doivent être rapprochées des travaux d'Ehrenbaum sur les larves des Thonides rapportées par les expéditions de l'océanographe

danois Johs. Schmidt. Le savant allemand décrit des larves de germon, mesurant de 5 à 13^{mm}, récoltées dans la Mer des Sargasses, par 25° Nord et 56° Ouest; d'autres de 7 à 13^{mm}, trouvées à l'Est de Saint-Thomas, par 19° Nord et 61° Ouest; et d'autres enfin, dont la taille varie de 9 à 13^{mm}, recueillies en plein Atlantique, mais dans la partie occidentale de cet océan, jusqu'au 40° Ouest.

La présence de germons de très petite taille dans les eaux vénézuéliennes, leur absence totale dans l'Atlantique oriental, l'état de maturité sexuelle des thons blancs des Antilles, la position des stations où furent récoltées les plus petites larves, semblent démontrer que le lieu de ponte de *Thunnus alalunga* serait placé en Mer des Sargasses.

La migration de reproduction du germon atteindrait donc une amplitude beaucoup plus forte qu'on ne le pensait jusqu'à présent, quand on cherchait leurs aires de concentration du côté de Madère, des Canaries ou des Açores. Ces poissons sont d'excellents nageurs qui peuvent effectuer d'énormes déplacements; de plus il est probable que ces grands voyages ne sont pas accomplis chaque année et comportent plusieurs étapes, selon l'âge, la taille, la force et l'état sexuel des individus.

Il faut de plus noter que la Mer des Sargasses, par 25° Nord et 50° Ouest, représente le point le plus profond de la cuvette des eaux transgressives d'origine équatoriale et que les thons blancs peuvent être guidés dans leur longue migration par l'enfoncement progressif de l'isotherme + 14°, qui joue un rôle si important dans leur biologie, comme nous l'avons démontré en 1921.

Cette station de la Mer des Sargasses où furent trouvées les plus petites larves occupe dans l'Atlantique une position géographique et bathymétrique absolument comparable à celle tenue dans le Nord Pacifique par les parages des îles Midway, que Vernon E. Brock a indiqué comme le lieu de ponte du germon, à la suite des observations du navire japonais *Fuji Maru*. Cette localité est située à 2 500 milles des côtes de Californie et de l'Orégon, alors que la station de l'Atlantique est placée à 2 000 milles des côtes de l'Ancien Continent. Kishinouye a trouvé dans l'estomac d'autres poissons de jeunes germons de 30^{cm} près des îles Ogosawara, à 1 300 milles du lieu de ponte du Pacifique; la présence de thons blancs de 34^{cm} au Vénézuéla à 900 milles de la station de la Mer des Sargasses est donc tout à fait normale. Les déplacements de ces jeunes poissons sont relativement réduits et ne paraissent pas excéder 1 500 milles; par contre, les germons de plus de 50^{cm}, grâce peut-être à un long arrêt autour des archipels de l'Atlantique et du Pacifique, arrivent à couvrir les longs parcours de 2 000 ou 2 500 milles qui les conduisent dans la partie orientale de ces Océans, au large des côtes des Ancien et Nouveau Continents.

BIOLOGIE. — *Sur la thermorégulation du Rat nouveau-né et la température du nid.* Note de MM. **Stefan Gelineo** et **Alexandre Gelineo**, présentée par M. Paul Portier.

On admet que les nouveau-nés qui viennent au monde fort imparfaits, tels que le rat et le pigeon, n'accusent au moment de la naissance aucune thermorégulation, de sorte qu'ils se comportent comme des poïkilothermes, leur température et leur calorification variant dans le même sens que la température ambiante, et ce n'est que plusieurs jours après la naissance qu'apparaissent les premières ébauches d'un mécanisme de thermorégulation.

Nous nous sommes demandé s'il ne serait pas possible à l'aide d'une méthode très sensible de mesure de la consommation d'oxygène (fondée sur le principe du manomètre différentiel de Barcroft) de déceler, dès la naissance, chez le Rat une ébauche de thermorégulation chimique, exprimée par une variation de la consommation d'oxygène ayant le sens inverse de la température du milieu.

Expérimentant avec le Rat le jour même de sa naissance, nous avons constaté, ainsi que le montrent les chiffres donnés plus bas, que le nouveau-né réagit dès la naissance par sa consommation d'oxygène dans le sens d'une thermorégulation chimique aux variations de la température extérieure de 29 à 36°.

Age (heures).	Température ambiante (°C).	Oxygène consommé (cm³/g.-min.).
3-5	30,0	0,026
	35,9	0,019
13-15	29,0	0,042
	35,9	0,021
23-25	29,0	0,057
	35,0	0,028

Dans ces expériences chaque mesure durait environ 30 minutes.

Remarquons qu'à la température de 30° la consommation d'oxygène commence à baisser si l'on prolonge le séjour à cette température. C'est dire que la calorification de la thermorégulation chimique s'épuise promptement. Ensuite, on constate que cette puissance de calorification s'élargit graduellement les jours suivant la naissance, de sorte que le 14ᵉ jour la thermorégulation chimique même à 20° n'accuse plus de défaillance, le jeune Rat maintenant dans ces conditions ambiantes sa température au niveau normal.

Autre fait concernant la thermorégulation du Rat nouveau-né : le développement de la thermorégulation chimique dont il a été question plus haut, dépend de la température du nid. Ainsi le Rat d'une nichée à 15° accuse une thermorégulation chimique d'une certaine durée à la

température extérieure de 25° dès l'âge de 2 jours, et à 21° à l'âge de 6 jours tandis que celui d'un nid plus chaud (30°) n'a une thermorégulation semblable à 21° qu'au bout de deux semaines.

Ayant constaté ce fait qu'un nid moins chaud est favorable à l'installation de l'homéothermie, nous nous sommes demandé à quelle température ambiante la mère fera son nid lorsqu'elle aura le choix d'un gradient de température. En plaçant des rates gravides dans une gouttière métallique dont une extrémité est chauffée et l'autre plonge dans de la glace fondante (appareil de Herter), on constate d'une façon régulière qu'elles séjournent, lorsqu'elles ne sont pas à la recherche de nourriture, dans la partie de l'appareil dont la température est de 27 à 32°. Mais au moment de mettre bas ses petits la mère fait son nid dans la zone de température de 15 à 19°. Si l'on élève le niveau de température de la gouttière de façon que la température du nid monte à 20-25°, on constate que la mère transporte nid et petits dans la zone de 16° environ. En maintenant des femelles dans un thermostat réglé à 28-30° on constate que dans ces conditions elles ne font pas de nid.

En suivant le développement de la thermorégulation des jeunes rats, les uns élevés à la température imposée de 28-30°, les autres à la température de choix de 17°, on constate que les premiers à l'âge de 16 jours se refroidissent de plusieurs degrés lorsqu'ils sont exposés à la température de 15° durant une demi-heure, tandis que ceux du nid moins chaud maintiennent dans les mêmes conditions leur température à un niveau constant. Remarquons que dans le nid de choix, dont la température est de 16° environ, les nouveau-nés ont les premiers jours une température assez basse, atteignant 22° lorsque la mère est absente.

Si on ajoute aux faits précédents la constatation que nous avions déjà notée, à savoir que la croissance des jeunes rats est plus rapide aux températures plus basses qu'à celle de leur neutralité thermique, on comprendra la signification de la température de choix du nid pour l'installation de l'homéothermie et la croissance des nouveau-nés.

BIOLOGIE CELLULAIRE. — *Effets d'une élévation de température sur la prophase méiotique d'un Nématode libre.* Note (*) de MM. **Victor Nigon** et **Roger Arcel**, présentée par M. Maurice Caullery.

Au cours de travaux antérieurs, l'un de nous ([1]) a obtenu l'apparition de

(*) Séance du 26 février 1951.

([1]) V. Nigon, *Ann. Sc. nat.* 11, 1949, p. 1-132; *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1161-1162; *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 85, 1951, (sous presse).

structures anormales, dans la diacinèse de Nématodes hermaphrodites (*Rhabditis elegans* Maupas) soumis à l'action de chocs thermiques. L'exploitation de cette propriété a permis ensuite de créer expérimentalement une forme tétraploïde de la même espèce. Le présent travail a pour objet de préciser ces premières indications et d'étendre l'étude à l'ensemble des phases caractéristiques de la gamétogénèse.

Les hermaphrodites en expérience, cultivés isolément, à une température de 13°C, en lignées autofécondées, ont été soumis au choc thermique dans les 48 heures suivant leur maturité sexuelle. Le choc thermique, de durée variable, a été donné dans un thermostat dont l'eau était maintenue à 24° ± 0°02. Les examens ont été pratiqués sur frottis colorés suivant la méthode de Feulgen. Le stock chromosomique diploïde comporte 12 éléments.

Les divers stades de la prophase méiotique sont répartis dans la gonade de ces animaux, en zones sensiblement homogènes. Nous examinerons les modifications obtenues dans chacune des trois zones les plus volumineuses.

1. Zone de multiplication. — Après un traitement de 2 à 4 heures, l'aspect de la chromatine est peu modifié, mais la fréquence des mitoses est considérablement augmentée. Lorsque le traitement dure de 4 à 8 heures, on observe des altérations diverses : accroissement inhabituel du volume cytoplasmique, coloration très intense, ou, au contraire, très diminuée de la chromatine, qui peut présenter, parallèlement, un aspect massif ou, au contraire, diffus. Certains noyaux, de grande taille, paraissent fortement polyploïdes.

2. Zone des noyaux pachytènes. — Les traitements de 2 à 4 heures déterminent un affaiblissement à peine décelable dans la densité de la chromatine. Les chromomères sont encore parfaitement visibles. Lorsque la durée du choc thermique se prolonge, la chromatine s'efface graduellement. Cependant, tant qu'ils restent analysables, on voit les chromosomes subsister dans l'intégrité des formes et des dispositions qui caractérisent ce stade.

3. Zone de maturation (noyaux aux stades diplotène et diacinèse). — Les changements observés dans cette zone peuvent se ranger en quatre groupes :

a. Chromosomes à aspect vacuolaire. — Lorsque la durée du choc thermique se prolonge au delà de 4 heures, les six bivalents habituels paraissent, dans certains noyaux, se creuser d'une cavité centrale, non colorable, ce qui leur confère un aspect vacuolaire. Cet aspect pourrait être dû à un élargissement de la fente équationnelle, souvent visible sur les bivalents diacinétiques des témoins. Cette « vacuolisation » s'accompagne d'une diminution dans la colorabilité générale du chromosome.

b. Chromosomes non appariés. — Dans certains ovocytes, soumis à un traitement de 8 heures ou plus, on trouve 12 chromosomes univalents irrégulièrement répartis dans le noyau. Peut-être faut-il voir dans ce défaut d'appariement l'aboutissement de la « vacuolisation » décrite dans le groupe précédent.

c. Ovocytes tétraploïdes. — Dans un petit nombre d'ovocytes, l'examen cytologique révèle la présence de 12 bivalents. La dimension de ces chromosomes diffère peu de celle des bivalents ordinaires. Dans une observation, trois bivalents manifestent la structure quadripartite caractéristique des tétrades. La taille de ces ovocytes est nettement supérieure à la normale. La tétraploïdie paraît bien s'y trouver réalisée.

d. Ovocytes plurinucléés. — Dans tous les traitements de durée supérieure à 4 heures, un tiers environ des ovocytes se distingue par un aspect allongé, dépassant parfois 100^{μ} alors que leur taille normale est de 55^{μ}. On y trouve plusieurs noyaux, en nombres variant de 2 à 24, dont certains contiennent six bivalents, tandis que d'autres, dans la même cellule, montrent 12 chromosomes univalents. Il a été impossible de déterminer si cette structure résulte de divisions anormales ou, simplement, d'un effacement des limites cellulaires.

Les diverses figures décrites se rencontrent chez un même animal. Elles constituent peut-être les stades successifs d'une même évolution. Mais leur coexistence peut être expliquée aussi en admettant qu'elles répondent à un déterminisme affecté d'une certaine variabilité.

Conclusion. — La réaction des structures méiotiques à la suite d'un choc thermique se manifeste pour des températures dépassant de deux degrés seulement le niveau qui semble autoriser une gamétogénèse entièrement normale. Très discrètes pour des traitements de durée inférieure à 4 heures, les modifications apparaissent, presque simultanément dans toutes les phases de la méiose, lorsque la durée se prolonge. Elles portent avant tout sur la structure chromosomique, comportant des variations dans la teneur en acide nucléique et la condensation du chromosome, ainsi que les manifestations d'un dédoublement irrégulier de ses structures.

D'autres structures cellulaires sont également altérées : ainsi le nucléole et le cytoplasme prennent des proportions anormales. L'absence d'une phase particulièrement sensible, la brièveté de l'intervalle qui sépare les températures normales de celles qui déterminent la production d'aberrations, conduisent à rechercher dans le déséquilibre initial d'un facteur limité la source des altérations observées. Peut-être faut-il invoquer, dans ce sens, le métabolisme des acides nucléiques ? Des analyses plus précises, qui sont actuellement en cours, permettront peut-être de soumettre cette hypothèse à l'épreuve expérimentale.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Utilisation de l'hydrogène moléculaire par des souches pures de bactéries sulfato-réductrices d'origine marine.* Note de MM. **Jacques Senez** et **Benjamin E. Volcani**, présentée par M. Maurice Javillier.

Stephenson et Stickland ([1]) ont signalé que les « resting-cells » de bactéries sulfato-réductrices possèdent une hydrogénase leur permettant de réduire activement les sulfates en présence d'hydrogène. Par suite, il a été démontré par Starkey et Wight ([2]) avec des cultures mixtes d'enrichissement, et par Butlin et Adams ([3]) avec des souches pures, que ces germes sont capables de se développer sur milieu purement minéral, en utilisant pour leur croissance l'énergie libérée par l'oxydation de l'hydrogène.

Ce mode de nutrition, qui a fourni une explication biologique à la corrosion du fer en milieu anaérobie ([4]), présente, en outre, un grand intérêt écologique. Les bactéries sulfato-réductrices, en effet, ne peuvent utiliser comme substrats organiques que les lactates et un nombre restreint d'autres composés organiques, qui ne semblent pas pouvoir leur être fournis en grandes quantités par les milieux naturels. Ces considérations, qui s'appliquent notamment au cas de la vase noire océanique, nous ont amenés à rechercher si les souches pures de provenance marine peuvent utiliser l'hydrogène moléculaire et à comparer leur activité en culture autotrophe et hétérotrophe.

Les quatre souches que nous avons étudiées avaient été isolées à partir de la vase de l'étang du Canet et avaient subi de nombreux repiquages sur milieu lactate-sulfates de Starkey ([5]). Leurs caractères morphologiques et physiologiques sont ceux de *Sporovibrio desulfuricans*, var. *æstuari* (van Delden-Baars), Starkey.

On a employé, comme milieu de base, une solution minérale de composition suivante, en grammes pour 100^{cm^3} d'eau distillée : NH_4Cl, 0,1 ; $MgSO_4.7H_2O$, 0,2 ; Na_2SO_4, 0,05 ; K_2HPO_4, 0,1 ; NaCl, 2,0 ; solution standard de rouge de crésol (pour l'ajustement du pH), 15 gouttes. Dans la plupart des expériences on a adjoint 0,1 % d'extrait de levure (Difco) afin d'accélérer la croissance [Butlin et al. ([6])]. D'autre part, pour les milieux contenant du lactate de soude, ce constituant était dissous à la concentration de 0,35 %.

Après la répartition des milieux en ballons Pyrex de 500^{cm^3} (150^{cm^3} par ballon) et stérilisation, on introduit stérilement dans chaque ballon $0^{cm^3},6$ d'une solution de bicarbonate de sodium à 5 %, stérilisée séparément à l'autoclave (conc. dans le milieu : 0,02 %), et le pH est ajusté à 7,4, avec une solution stérilisée de HCl 0,5 N. On ajoute enfin un petit cristal flambé de sel de Mohr.

(1) *Biochem. J.*, 25, 1931, p. 215-220.

(2) *Tech. Rep. Distrib. Comm.*, n° 1945 ; *Amer. Gas Assoc.*, 1945, p. 108.

(3) *Nature*, 160, 1947, p. 154-155.

(4) von Wolzogen-Kühr et van der Vlugt, *Water*, 18, 1934, p. 147-165.

(5) *J. Amer. Water Works Assoc.*, 40, 1948, p. 1291-8.

(6) *J. Gen. Microbiol.*, 3, 1949, p. 46-59.

Les ballons sont ensemencés avec 5^{cm^3} d'une culture de 48 heures sur milieu lactate-sulfates, enrichi avec 0,1 % d'extrait de levure, et aussitôt bouchés avec des bouchons en caoutchouc stériles, munis d'un tube à dégagement. L'air est évacué, et les ballons sont remplis d'hydrogène à la pression atmosphérique. Les cultures, durant leur incubation à 30°, sont soumises à une agitation mécanique continue et la consommation d'hydrogène est mesurée quotidiennement à l'aide d'une burette à gaz de Hempel.

Dans les conditions expérimentales considérées, la quantité de H_2S pouvant être produite par la réduction totale des sulfates est de 1,16 millimole par 100^{cm^3}, ce qui correspond théoriquement à la consommation, par ballon, de 155^{cm^3},9 d'hydrogène mesurés à 0° et sous la pression atmosphérique.

L'examen du tableau montre que toutes les souches étudiées utilisent activement l'hydrogène. Cette constatation est à rapprocher des faits récemment publiés par Sisler et Zobell [7]. Ces auteurs ont observé, en effet, la consommation d'hydrogène et la réduction simultanée des sulfates dans un large pourcentage de cultures impures d'enrichissement directement ensemencées avec des échantillons de vases marines de provenances diverses.

		Volume d'hydrogène consommé (cm³).							Concentration finale en H_2S (millimoles/100^{cm^3}).
Milieu.	Souche.	1er jour.	2e jour.	3e jour.	4e jour.	5e jour.	6e et 7e jours.	Total.	
Minéral + extrait de levure.	1....	+	1,0	23,2	87,8	39,2	13,6	164,8	0,87
	2....	0,0	9,1	84,6	50,1	–	13,0	156,8	0,95
	3....	0,6	1,6	+	0,0	109,4	51,8	163,4	0,96
	4....	+	2,6	5,4	69,2	57,8	21,0	156,0	0,96
Minéral.	2....	2,0	15,2	1,0	54,0	0,0	92,2	164,4	–
Minéral + lactate.	1....	+	0,2	0,0	11,0	19,4	78,8	109,4	0,82
	2....	3,6	3,8	4,6	3,8	2,0	2,8	20,6	0,96
	3....	—	—	—	—	—	—	—	0,0
	4....	5,4	0,0	0,0	36,4	1,8	0,4	44,0	0,87

Nota. — (+), pression positive; (—), absence de développement.

On voit, d'autre part, que la conservation des souches au laboratoire sur milieu organique ne leur a pas fait perdre l'aptitude à utiliser l'hydrogène, et que l'activité des cultures-filles de souches de lignée autotrophe est comparable à celles des cultures-filles de souches de lignée hétérotrophe. Le taux de la réduction des sulfates et la concentration finale en H_2S sont pratiquement identiques sur milieu minéral et sur milieu contenant du lactate de soude.

Soulignons que les souches pures de bactéries sulfato-réductrices utilisent l'hydrogène moléculaire, même en présence d'un substrat organique. Dans ce cas où peut s'exercer une compétition entre les deux modes de nutrition, le rapprochement entre le volume d'hydrogène consommé et la quantité d'H_2S produite révèle que le pourcentage des sulfates réduits par le système hydrogénase varie, suivant la souche, entre 15 et 97 %.

(7) *J. Bact.*, 60, 1950, p. 749-756.

MICROBIOLOGIE. — *Isolement d'une souche de grippe de type* B (*épidémie de janvier* 1951). Note de M[lle] **Geneviève Cateigne** et M. **Bernard Fauconnier**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les divers essais d'isolement de souches que nous avons faits au cours de cette épidémie nous ont permis de mettre en évidence que l'agent infectieux n'est pas partout du type A′ (1). Nous avons isolé à partir de différents prélèvements reçus de Bretagne une souche que nous rattachons au groupe B.

Nous avons reçu de cette région quatre gargarismes de malades qui furent passés sur œuf embryonné suivant la technique décrite antérieurement. Nous avons obtenu une souche qui s'est adaptée à l'œuf par voie amniotique au troisième passage, et qui très rapidement ensuite a pu être passée par voie allantoïque.

Le premier essai d'identification par l'étude du pouvoir inhibiteur d'immun-sérums A, B et A′ vis à vis de cette nouvelle souche nous a donné les résultats suivants :

	A. P. R. 8.	B Lee.	A′ Paris 1951.	Nouvelle souche.
Immun sérum de furet A standard.	1/640	0	1/40	0
» » B standard.	0	1/320	0	1/80
Immun sérum de furet A′ souche Paris 1951	1/320	0	1/2560	0

Cette première expérience nous incitait à classer cette souche dans le groupe B. L'examen des sérums des malades à partir desquels nous avons isolé cette souche, nous a donné les résultats suivants

		P. R. 8.	B Lee.	A′ Paris 1951.	Nouvelle souche Bretagne 1951.
Sérum Le P.	I	1/160	1/80	1/160	1/80
	II	1/160	1/2560	1/320	1/2560
» Le L.	I	1/80	1/80	1/160	0
	II	1/160	1/640	1/160	1/640
» G.	I	1/160	1/620	1/80	1/80
	II	1/160	1/2560	1/80	1/2560
» M.	I	1/160	1/160	1/160	1/80
	II	1/160	1/2560	1/160	1/2560

Les sérums ont été prélevés respectivement au 2e et au 3e jour de la maladie.

Nous avons alors examiné ces sérums vis-à-vis des souches B Lee, B 1 (souche tchécoslovaque) et la souche bretonne 1951, et nous avons obtenu :

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 444.

		B Lee.	B 1.	Souche bretonne 1951.
Immun sérum de furet B Lee		1/1280	1/320	1/160
» lapin B 1		1/2560	1/2560	1/1280
» furet A′ souche Paris 1951		0	1/80	0
Le P.	I	1/80	1/80	1/40
	II	1/640	1/2560	1/1280
Le L.	I	1/80	1/40	0
	II	1/640	1/320	1/320
G.	I	1/160	1/80	1/80
	II	1/2560	1/2560	1/2560
M.	I	1/80	1/80	1/80
	II	1/640	1/1280	1/2560

L'étude antigénique de cette souche se poursuit par la méthode de fixation de complément et de neutralisation sur œuf et sur souris. Mais ce premier contrôle nous permet de dire que ce virus est antigéniquement différent de celui isolé récemment à Paris. L'expérimentation sur furet, sur souris et sur singe, sera publiée ultérieurement et étudiée parallèlement à la souche A′ Paris 1951.

Conclusion. — Il n'y a pas eu qu'un seul type de virus grippal en cause durant cette épidémie en France. De nombreux examens sérologiques auxquels nous procédons nous l'avaient déjà prouvé, mais l'isolement d'une souche qui semble être du type B nous le confirme de toute évidence. Ceci pose à nouveau le problème de l'immunisation par vaccination, la diversité des souches ne simplifiant pas la question.

IMMUNOLOGIE. — *Séro-diagnostic de la syphilis par immobilisation du* Treponema Pallidum (*Méthode de Nelson*). Note de MM. **Pierre Durel**, **André Sausse**, **Pierre Collart**, Mme **Véra Roiron** et M. **Louis-Jacques Borel**, présentée par M. Marcel Delépine.

MM. Levaditi, Vaisman et Mlle Hamelin ont, à juste titre, attiré l'attention [1] sur l'épreuve de l'immobilisation des T. P.

Travaillant sur ce sujet depuis plus d'un an, et ayant bénéficié de l'enseignement de R. A. Nelson, nous avons pu nous rendre compte de la nécessité de suivre *scrupuleusement* la technique de ce dernier. Pour faire rendre à l'épreuve tout ce qu'elle peut donner, il nous paraît indispensable d'insister sur les points suivants [2] :

---

(1) *Comptes rendus*, 232, 15 janv. 1951, p. 272,

(2) P. Durel, A. Sausse, P. Collart, V. Roiron et L.-J. Borel, *Soc. Fr. Derm. Syph.*, 11 janv. 1951 et *Prophylaxie antivénérienne*, février 1951.

1° *Orchite aiguë précoce.* — Lorsque l'on se sert de « syphilomes », surtout scrotaux, comme source de T. P., il faut une dissection soigneuse et un broyage qui favorisent la contamination et le passage de substances étrangères dans la suspension.

D'autre part et surtout, avec des lésions apparues plus de 10 à 12 jours après l'inoculation, on risque que les T. P., soient « sensibilisés » par les anticorps qui se développent chez le Lapin dès que les lésions apparaissent. D'ailleurs, les auteurs ont trouvé une immobilisation significative avec le sérum de lapins syphilisés depuis seulement un mois; ceci montre que, dès ce moment, l'organisme du lapin est chargé d'anticorps pouvant se fixer sur les T. P. et interférer avec ceux du sérum à tester. *Les expériences suivantes témoignent de cette sensibilisation* :

Un lapin est sacrifié 12 jours après l'inoculation alors que l'orchite évolue déjà depuis 6 jours. *En l'abcence de tout sérum syphilitique*, on a, après 18 heures : sans complément : 84 % de T. P. mobiles; avec complément : 28 % de T. P. mobiles.

Ainsi, les T. P., *sensibilisés,* s'immobilisent dès qu'ils sont en présence du seul complément.

Nelson a fait une expérience du même ordre : il prélève un testicule au 2e jour de l'orchite et l'autre au 8e jour. La survie des T. P. extraits du premier est normale, alors que les T. P. du second s'immobilisent en présence du seul complément.

Il nous paraît donc bien indispensable, pour reproduire les résultats de Nelson, de rechercher *l'orchite aiguë précoce*, lésion à incubation rapide (4 à 8 jours), et d'utiliser cette orchite au 2e ou 3e jour au maximum de son évolution.

2° *Immobilisation spécifique.* — La notation en *différence d'immobilisation* ne rend qu'imparfaitement compte des faits observés : une différence de 80 % veut aussi bien dire 100 % dans le tube-réaction et 20 % dans le tube-témoin que 85 et 5 %.

Il est préférable, avec Nelson, d'exprimer cette différence par rapport au tube-témoin. L'immobilisation spécifique est ainsi :

$$\text{I. S. \%} = \frac{\text{‰ T. P. mobiles, t. témoin; ‰ mobiles, t. réaction}}{\text{\% mobiles } \textit{in} \text{ tube-témoin}}.$$

Cette expression, donnant des immobilisations de 0 à 100 % est indispensable pour la réaction quantitative; elle permet d'autre part d'être plus exigeant quant à la marge de sécurité entre positif et négatif : positif au-dessus de 50 % d'I. S. et négatif au-dessous de 20 %.

3° *Importance de l'excès de complément.* — Magnuson et Thompson (3), en opposition avec Nelson, avaient d'abord trouvé près de 14 % de réactions

(3) *Am. J. Ven. Dis.*, 30, 1949, p. 309.
(4) *Am. J. of Syph. Gon. et Ven. Dis.*, 35, 1951, p. 21.

négatives dans la syphilis secondaire. Pour Nelson, ces résultats paradoxaux sont dus à la destruction du complément (sérums anti-complémentaires) et, comme il s'agit de sérums de syphilis jeunes, relativement pauvres en anticorps, l'immobilisation ne peut s'accomplir d'une manière significative. Le fait est d'ailleurs reconnu maintenant par Thompson, Magnuson et Hill [4].

Nelson, et nous-mêmes selon ses conseils, contrôlons, après lecture du test, la présence de complément résiduel en faisant hémolyser des hématies de mouton sensibilisées.

4° *Sensibilité.* — La différence d'immobilisation observée par les auteurs, chez les lapins Σ, avec un sérum dilué à 1/10, n'a été que de 40 à 65 %, ce qui laisse à penser que l'immobilisation totale n'a jamais été observée. Nelson et nous-mêmes, avec un mélange de sérums de lapins syphilisés depuis 2-3 mois, obtenons encore, constamment, 100 % d'immobilisation à 1/100 et 40 à 60 % à 1/1000.

La différence d'immobilisation a été plus élevée pour les sérums humains mais ce n'est que par la méthode des dilutions que l'on peut apprécier l'intensité de la réaction. Dans les Σ anciennes, nous avons souvent constaté l'immobilisation totale jusqu'à 1/1000.

5° *Réaction quantitative.* — Pour profiter pleinement de la méthode, il faut en effet *mesurer* l'intensité de la réaction : ceci est indispensable pour suivre l'influence du traitement et pour distinguer une récidive d'une réinfection. Le titre de la réaction est l'inverse mathématique de la dilution qui donne 50 % d'immobilisation.

6° *Influence du temps.* — L'expérience a fixé le temps de mise à l'étuve, pour la réaction, à 18 heures; Nelson nous a montré que l'initiation de la réaction était inversement proportionnelle à la concentration en anticorps. Avec les sérums faiblement actifs, la réaction, non encore significative à 15 heures, le devient à 18 heures.

Les différentes variables de la réaction ayant été étudiées avec grand soin, par Nelson, et rien n'ayant été laissé au hasard dans la technique qu'il nous a apprise, nous pensons qu'il faut la reproduire d'abord très fidèlement; ce qui ne veut pas dire, qu'*à partir de cette base indispensable*, on ne puisse rechercher des simplifications ou des améliorations dont certaines peuvent être espérées.

A 16h5m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h45m.

R. C.